

Hochschule Karlsruhe
Technik und Wirtschaft
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Maximilian Marius Hanf
Klauprechtstr. 18
76137 Karlsruhe

hanf_m@web.de
Matrikelnummer: 37354
Abgabedatum: 20. Oktober 2016

Modellierung und sensitivitätsanalytische Untersuchung der *Standardisierten Bewertung* im ÖPNV auf Basis von System Dynamics

Modeling and sensitivity analytical investigation of the *Standardisierte Bewertung* in local public transport on the basis of System Dynamics

Bachelorarbeit
vorgelegt zur Erlangung des Bachelorgrades
der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft

Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen Bachelor

Betreuer: Prof. Dr. Hendrik Kunz
Zweitgutachter: Prof. Dr. Jan Riel

Betreuer am DLR: Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Anja Bussmann
Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Benedikt Scheier M.Sc.

Bachelorarbeit



Bearbeiterin: cand. B.Sc. Maximilian Marius Hanf
Matrikelnummer: 37354
Fachbereich: Wirtschaftsingenieurwesen
Betreuer (Uni): Prof. Dr. Kunz
Betreuer (DLR): M.Sc. Benedikt Scheier, DLR, Institut für Verkehrssystemtechnik

Thema: Modellierung der Bewertung einer ÖPNV-Maßnahme (standardisierte Bewertung) mittels System Dynamics

Im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) werden geplante Investitionen üblicherweise mittels einer Nutzen-Kosten-Analyse bewertet. Um einen Nachweis zur Förderungsfähigkeit nach Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz erbringen zu können, muss die so genannte „Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs“ angewendet werden. Diese Methode monetarisiert die Nutzen und Kosten der Maßnahme. Dadurch sind auch die Kriterien zur Bewertung von Maßnahmen von vornherein festgelegt. Am Institut für Verkehrssystemtechnik wird zu alternativen, stakeholderbasierten und maßnahmenspezifischen Bewertungsverfahren von Schienenverkehrs- und -infrastrukturmaßnahmen geforscht. Im Rahmen dieser Arbeiten soll die Standardisierte Bewertung hinsichtlich des Einflusses einzelner Kriterien auf das Bewertungsergebnis analysiert werden. Damit insbesondere die Faktoren mit dem maßgeblichsten Einfluss identifiziert werden können, soll die Standardisierte Bewertung eines realen Beispiels (zum Beispiel Straßenbahnausbauvorhaben in Braunschweig-Volkmarode) in dem System Dynamics Tool Anylogic abgebildet werden. Aufbauend auf dem Modell sollen mittels Sensitivitätsanalysen die Faktoren mit dem größten Einfluss auf das Ergebnis der Bewertung identifiziert und analysiert werden.

Die Aufgabe von Herrn Hanf umfasst im Einzelnen:

- Einarbeitung in das Verfahren „Standardisierte Bewertung“ und in das Tool Anylogic
- Modellierung einer Standardisierten Bewertung eines realen Infrastrukturvorhabens in dem System Dynamics Tool Anylogic
- Möglichst anschauliche Darstellung des Bewertungsergebnisses (beinhaltet Darstellung von Zwischenergebnissen und den Bewertungskriterien)
- Identifikation geeigneter Parameter für eine Sensitivitätsanalyse
- Durchführung der Sensitivitätsanalyse mit Anylogic
- Auswertung und Ergebnisdarstellung der Sensitivitätsanalyse sowie Interpretation

Eine durch Betreuung des DLR Instituts für Verkehrssystemtechnik angefertigte studentische Arbeit darf nur nach Rücksprache mit dem Institut vom Studenten an Dritte weitergegeben oder veröffentlicht werden. Dies gilt insbesondere auch für so genannte Internetbörsen für studentische Arbeiten. Über die Ergebnisse der Arbeit darf nur nach Rücksprache mit dem DLR Instituts für Verkehrssystemtechnik verfügt werden. Die Arbeit bleibt Eigentum des Instituts.

Abstract

The transport infrastructure in Germany is part of the primary care for which the federal government is responsible concerning their availability and affordability. In many cases, pertinent investments would be unprofitable from a purely economic point. Due to that, the federal government is required to support the national infrastructure with direct investments or subsidies. In case of a limited budget, the most efficient investment opportunities have to be identified. As a basis for decision making the *Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des ÖPNV und Folgekostenrechnung Version 2006* is used. The method allows the comparability and evaluation of investment projects throughout Germany. Necessarily a variety of parameters have to be dictated. These partially have a significant impact on the evaluation result as a sensitivity analysis of selected parameters shows. The parameters should be particularly precise and subjected by a consistent control in terms of their topicality.

Kurzfassung

Die verkehrliche Infrastruktur in Deutschland ist Teil der Grundversorgung für die der Staat im Sinne ihrer Verfügbarkeit und Erschwinglichkeit verantwortlich ist. In vielen Fällen würden dahingehende Investitionen unter rein betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten als unrentabel gelten weshalb der Staat im Zuge seiner Versorgungspflicht durch direkte Investitionen beziehungsweise Subventionen eingreift. Da auch das Budget des Staates limitiert ist, müssen die aus finanzieller Sicht effizientesten Investitionsmöglichkeiten identifiziert werden. Als Entscheidungsgrundlage dient die *Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des ÖPNV und Folgekostenrechnung Version 2006*. Das Verfahren dient der Vergleichbarkeit sowie Bewertung von Investitionsvorhaben in ganz Deutschland. Notwendigerweise müssen dazu eine Vielzahl von Parametern diktiert werden. Diese haben teilweise einen signifikanten Einfluss auf das Bewertungsergebnis wie eine Sensitivitätsanalyse ausgewählter Parameter verdeutlicht. Diese sollten besonders präzise festgestellt werden und einer konsequenten Kontrolle hinsichtlich ihrer Aktualität unterliegen.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	III
Kurzfassung	IV
Inhaltsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	X
Symbolverzeichnis	XI
1. Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Problemstellung und Zielsetzung	1
2. Stadtbahnverlängerung Volkmarode Nord	3
2.1 Status Quo und Ohnefall	4
2.2 Das Investitionsvorhaben	5
3. Entscheidungstheorie	7
3.1 Vorüberlegungen	7
3.2 Entscheidungsmodell	8
3.2.1 Der Zielraum	8
3.2.2 Die Alternativmenge	9
3.2.3 Der Zustandsraum	9
3.3 Das Erklärungsmodell	10
3.4 Präferenzen	11
3.4.1 Zielgrößenmatrix	11
3.4.2 Entscheidungsfindung im Fallbeispiel Stadtbahnverlängerung Volkmarode Nord	12
4. Bewertungsmethoden für Investitionsverfahren	13
4.1 Konventionelle Bewertungsmethoden	15
4.1.1 Nutzwertanalyse	15
4.1.2 Kosten-Nutzen-Analyse	16
4.1.2.1 Nettogegenstandswert	16
4.1.2.2 Nutzen-Kosten-Verhältnis	17
4.1.2.3 Interner Zinsfuß	17

4.1.3 Kosten-Effektivitätsanalyse.....	18
4.1.4 Beurteilung der Wirtschaftlichkeitsanalysen.....	19
5. Grundzüge der Standardisierten Bewertungsmethode.....	21
5.1 Methodik	22
5.2 Komponenten der Datenermittlung im Betrachtungsbeispiel	
Stadtbahnverlängerung Volkmarode Nord	23
5.2.1 Verkehrszelleneinteilung	23
5.2.2 Mit- und Ohnefall	24
5.2.3 Verkehrsangebot und Verkehrsnachfrage	24
5.2.4 Sozioökonomische Entwicklung	25
5.2.5 Plausibilitätskontrollen der ermittelten Nachfragedaten	26
5.2.6 Widerstände im ÖV und MIV	26
5.2.7 Modal Split	28
5.2.8 Induzierter ÖV-Verkehr	29
6. E1 Teilindikatoren	29
6.1 Teilindikatoren des Nutzen-Kosten-Indikators (E1).....	31
6.1.1 PKW – Betriebskosten.....	31
6.1.2 Abgasemissionen	32
6.1.3 Unfallschäden	34
6.1.4 Reisezeitdifferenzen	35
6.1.5 Kapitaldienst und Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur des ÖV im Mitfall.....	37
6.1.6 Kapitaldienst und Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur des ÖV im Ohnefall.....	38
6.1.7 ÖV-Gesamtkosten	39
6.1.7.1 Personalkosten	39
6.1.7.2 Kapitaldienst für ÖV Fahrzeuge	40
6.1.7.3 Energiekosten.....	40
6.1.7.4 Laufleistungsabhängige Unterhaltungskosten von ÖV-Fahrzeugen.....	41
6.1.7.5 Zeitabhängige Unterhaltungskosten von ÖV-Fahrzeugen.....	41
7. Sensitivitätsanalysen	42
7.1 Betrachtung ausgewählter Parameter.....	42
7.1.1 Parameter: spezifische Betriebskosten von PKWs innerorts und außerorts	44

7.1.2 Parameter: Kraftstoffpreis von Diesel für den ÖV	46
7.1.3 Parameter: CO2-Emissionsfaktor für elektrische Energie im ÖV und den MIV	49
7.1.4 Parameter: Personalkosten.....	52
7.1.5 Übersicht der gesamten Variationsausprägungen.....	55
7.1.6 Gesamtvariation.....	55
7.1.7 Sonderfall: Endstation Buslinien 427 und 437 an Haltestelle Kruseweg	56
7.2 Auswertung	57
8. Fazit.....	58
Anhang	60
A. Abbildungen.....	60
A.1 Indikatoren der Standardisierten Bewertung.....	60
A.2 Verkehrszelleneinteilung Volkmarode Nord.....	61
A.3 Verkehrsangebot im Ohnefall (2025).....	62
A.4 Verkehrsangebot im Mitfall (2025).....	63
A.5 Benutzeroberfläche Anylogic Modellierungseinheit System Dynamics am Fallbeispiel Volkmarode Nord	64
A.6 JAVA-Erweiterung.....	65
A.8 Dieselpreisentwicklung	66
Literaturverzeichnis.....	67
Ehrenwörtliche Erklärung.....	69

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1 Volkmarode Nord im Ohnefall	5
Abbildung 2.2 Volkmarode Nord im Mitfall	6
Abbildung 3.1 Entscheidungsmodelle.....	7
Abbildung 3.2 Ergebnismatrix	10
Abbildung 6.3 Gewichtung der Reisezeitdifferenzen	36
Abbildung 7.1 Simulation Fallbeispiel Stadtbahnverlängerung.....	43
Abbildung 7.2 Sensitivitätsbetrachtung PKW-Betriebskosten	45
Abbildung 7.3 Sensitivitätsbetrachtung Kraftstoffpreis Diesel (1).....	47
Abbildung 7.4 Sensitivitätsbetrachtung Kraftstoffpreis Diesel (2).....	48
Abbildung 7.5 Sensitivitätsbetrachtung CO2-Emissionsfaktor PKW.....	50
Abbildung 7.6 Sensitivitätsbetrachtung CO2-Emissionsfaktor elektr. Energie.....	51
Abbildung 7.7 Sensitivitätsbetrachtung Personalkosten	54
Abbildung 7.8 Zehn Prozent Variation aller Parameter	56
Abbildung 7.9 Sensitivitätsbetrachtung Kruseweg	57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 6.1 Parameter Abgasemission	32
Tabelle 6.2 Parameter Unfallschäden.....	34
Tabelle 7.1 Parameter Unfallschäden.....	55

Abkürzungsverzeichnis

DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
ET	Entscheidungsträger
GG	Grundgesetz
GO	Gemeindeordnung
GVFG	Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz
HGrG	Haushaltsgrundsatzgesetz
HP	Haltepunkt
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NKomVG	Niedersächsisches Kommunalverfassungsgesetz
NKV	Nutzen-Kosten-Verhältnis
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
SB	Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs
ZGB	Zweckverband Großraum Braunschweig

Symbolverzeichnis

Symbol	Index	Beschreibung
a_i	$i = 1, \dots, n$ $j = 1, \dots, m$	Alternative
$a_{ij, \text{ÖV}}$	$i = 1, \dots, n$ $j = 1, \dots, m$	ÖV-Anteil an motorisierten Fahrten je Relation
C		Verkehrsstärke nach Zählung
e_{ij}^{kt}	$i = 1, \dots, n$ $j = 1, \dots, m$ $k = 1, \dots, p$ $t = 1, \dots, q$	Ergebnis der Alternative i im Umweltzustand j hinsichtlich Kriterium k zum Zeitpunkt t
E		Ergebnisraum
$F_{ij, \text{ÖV/MIV}}$	$i = 1, \dots, n$ $j = 1, \dots, m$	Anzahl der Fahrten je Relation im ÖV bzw. MIV
g_x	$x = 1, 2$	Koeffizienten der Modal-Split Funktion
GW		Gegenwartswert
i		Diskontierungsfaktor
k_i	$i = 1, \dots, n$	Zielgrößen
K		Kosten
M		Verkehrsstärke nach Model
N, N_t	$t = 1, \dots, T$	Nutzen
p_η		Nutzungswahrscheinlichkeit
$R_{ij, \text{ÖV/MIV}}$	$i = 1, \dots, n$ $j = 1, \dots, m$	Routenwiderstand je Relation im ÖV bzw. MIV
r		interner Zinsfuß
s_j	$j = 1, \dots, m$	Umweltzustand
S		Zustandsraum
$T_{\text{MIV}, ij}$	$i = 1, \dots, n$ $j = 1, \dots, m$	Reiszeit im MIV je Relation
$V_{p, i/j}$	$i = 1, \dots, n$ $j = 1, \dots, m$	Parkplatzverfügbarkeit an Quelle i bzw. Ziel j

$W_{ij,\ddot{O}V/MIV}$ $i = 1, \dots, n$
 $j = 1, \dots, m$

Gesamtwiderstand der Relation im $\ddot{O}V$ bzw. MIV

1. Einleitung

1.1 Motivation

Das Institut für Verkehrssystemtechnik am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) in Braunschweig forscht an alternativen, stakeholderbasierten und maßnahmenspezifischen Bewertungsverfahren für Schienenverkehrs- und Infrastrukturmaßnahmen. Ein Schritt hierzu ist es die bestehenden Verfahren hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile hin zu untersuchen. Eines dieser Verfahren ist die *Standardisierte Bewertung für Verkehrswegeinvestitionen des ÖPNV und Folgekostenrechnung Version 2006* (SB oder Standardisierte Bewertung). Das Verfahren ist Grundlage für die Entscheidung über die Bereitstellung von öffentlichen Geldern im Sinne einer Förderungsfähigkeit nach dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetzes (GVFG). Die Intention der Methodik ist die Schaffung einer interregionalen Vergleichbarkeit von Investitionsmaßnahmen im öffentlichen Personennahverkehr und schließlich einer Selektion der aus gesamtwirtschaftlicher Sicht sinnvollsten. Damit unterliegt die Methodik einem hohen Maße an Verantwortung und sollte die Realität möglichst präzise widerspiegeln. Dahingehend besteht eine mögliche Problematik, da das Verfahren keiner permanenten Aktualisierung unterliegt. Es soll mit Hilfe der Simulationssoftware Anylogic, speziell mit ihrer Modellierungseinheit System Dynamics, eine beispielhafte Standardisierte Bewertung durchgeführt werden und der Einfluss bestimmter Parameter genauer betrachtet werden.

1.2 Problemstellung und Zielsetzung

Das auf einer Nutzen-Kosten-Analyse sowie einer Nutzenwertanalyse basierende Verfahren verfolgt das Ziel der Bewertung von Infrastrukturmaßnahmen unter der Prämisse ihrer interregionalen Vergleichbarkeit. Dazu bedarf es einer im Sinne der Vergleichbarkeit starren Methodik. Aus diesem Grund diktiert die Standardisierte Bewertung eine Vielzahl von Parametern wie beispielsweise die anzusetzenden Preise für Treibstoff oder Schadstoffemissionen. Da viele dieser Werte einer permanenten Veränderung unterliegen und die aktuelle Version des Verfahrens zudem aus dem Jahr 2006 stammt, kann die Standardisierte Bewertung die Realität hier nur bedingt abbilden.

In Kooperation mit dem DLR untersucht die vorliegende Arbeit die Standardisierte Bewertungsmethode Version 2006. Eine Sensitivitätsanalyse unter Betrachtung ausgewählter Parameter soll veranschaulichen in welchem Maße die Aussagekraft des Bewertungsergebnisses der starren Struktur des Verfahrens, insbesondere seiner Parametervorgaben Tribut zollt. Dazu wird im Folgenden ein konkretes Fallbeispiel aus der Stadt Braunschweig vorgestellt auf Basis dessen die Untersuchung durchgeführt wird. Des Weiteren werden entscheidungs- sowie bewertungstechnische Grundlagen erläutert und im Sinne der Nachvollziehbarkeit die wichtigsten Komponenten der Standardisierten Bewertung vorgestellt. Anschließend werden die für das Ergebnis der Standardisierten Bewertung maßgebend Indikatoren beschrieben und ihre betreffenden Parameter identifiziert. Schließlich werden ausgewählte und vom Verfahren der SB fixierte Parameter beleuchtet und ihr Einfluss durch eine Sensitivitätsanalyse überprüft

2. Stadtbahnverlängerung Volkmarode Nord

Um im Zuge dieser Ausarbeitung den Anwendungsfall der Standardisierten Bewertung möglichst unter realistischen Gesichtspunkten zu betrachten, wird für die Durchführung und Analyse das reale Investitionsvorhaben der Stadt Braunschweig im Hinblick auf das Projekt *Stadtbahnverlängerung Volkmarode Nord* herangezogen. Das Projekt ist zum einen in seiner Komplexität überschaubar und wurde zum anderen bereits einer Kosten-Nutzen-Analyse unterzogen. Da die Datengenerierung für eine derartige Untersuchung einen enormen Aufwand erfordert, wird sich die vorliegende Ausarbeitung auf eine bereits bestehende Datengrundlage stützen. Die das Projekt im Auftrag der Braunschweiger-Verkehrs AG untersuchenden Parteien sind die *WVI Prof. Dr. Wermuth für Verkehrsforschung und Infrastrukturprojekte GmbH* (WVI) mit Sitz in Braunschweig und die *ITP Intraplan Consult GmbH* (ITP) mit Sitz in München. Die WVI lieferte aufgrund bereits vergangener Untersuchungen für die Stadt Braunschweig und den Zweckverband Großraum Braunschweig (ZGB) ein kalibriertes Verkehrsmodell des zu untersuchenden Gebietes und unterzog es allen notwendigen Aktualisierungen um den sog. *Istzustand* abzubilden. Des Weiteren spielte sie unter Beachtung von sozioökonomischen Strukturentwicklungen und Veränderungen im Verkehrsangebot die Entwicklung bis zum Planungshorizont im Jahr 2025 durch. Ab hier gingen alle weiteren Berechnungen an die ITP über, also die Bestimmung der Nachfrage im *Ohnefall*, die Ausarbeitung des *Mitfalls* und die Durchführung der Standardisierten Bewertung selbst.

Der Istzustand bildet in der Regel den aktuellen Zustand des Untersuchungsgebietes ab und ist Ausgangspunkt für die Ermittlungen des Mit- und Ohnefalls. Hierbei werden die aktuellen Verkehrsverbindungen hinsichtlich Taktung, Reisezeit, Passagieraufkommen und Kapazitäten im ÖV sowie die Fahrtwege, Reisezeiten und das Reiseaufkommen im *Motorisierten Individualverkehr* (MIV) erfasst. Diese für den Istzustand geltenden Werte werden später unter der Beachtung der sozioökonomischen Veränderungen und vom Investitionsvorhaben unabhängiger Umbaumaßnahmen hinsichtlich Verkehrsangebot und -Nachfrage bis zum Zieljahr¹ 2025 hochgerechnet. Der somit erzeugte Zustand entspricht dem Ohnefall. Neben den Veränderungen in der Bevölkerungsstruktur werden im Mitfall, dem Fall der Umsetzung des zu bewertenden Investitionsvorhabens, zusätzlich die infrastrukturellen und techni-

¹ Prognosebezugsjahr. Hier das Jahr der angenommenen Fertigstellung des Investitionsvorhabens.

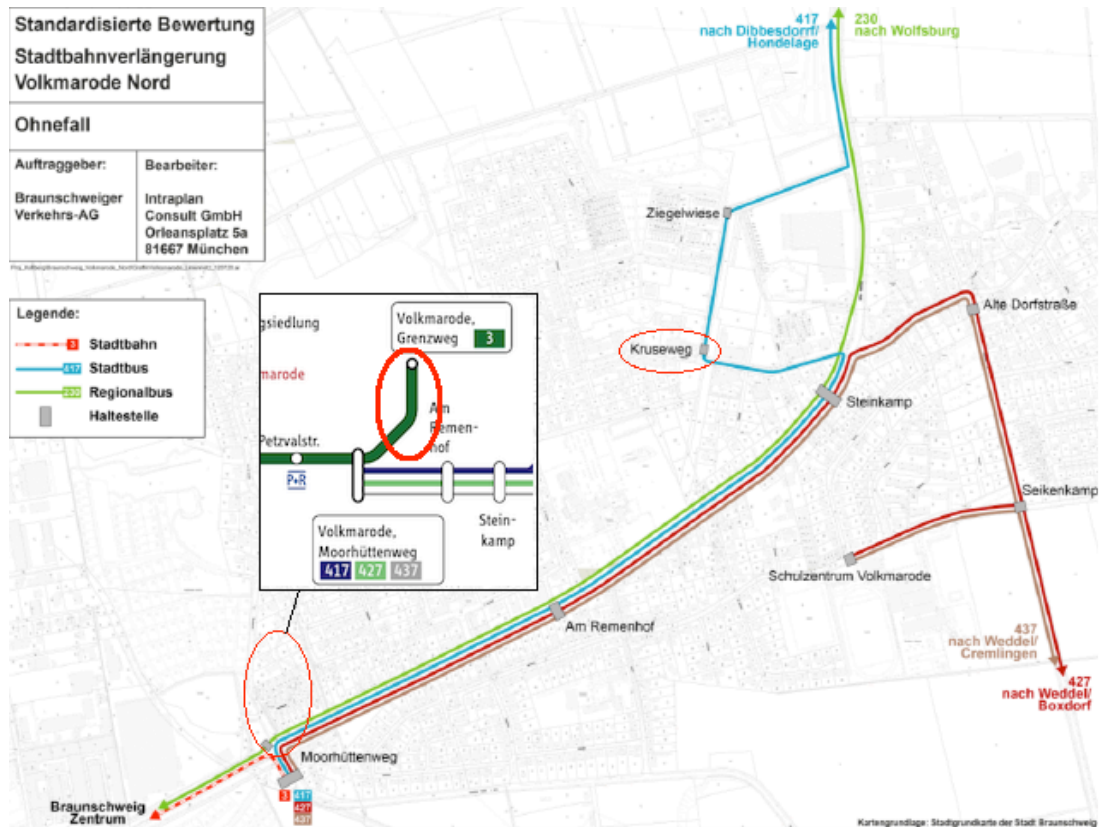
schen Veränderungen sowie der daraus resultierende neue Modal Split (vgl. Kapitel 5.2.7) abgebildet. Durch Gegenüberstellung von Mit- und Ohnefall können später Kosten- und Nutzeneffekte der Investition verglichen werden. Als Datengrundlage dient der seitens der WVI und ITP vorgelegte Abschlussbericht *Standardisierte Bewertung Stadtbahnverlängerung Volkmarode Nord* vom 12.10.2012 (ITP/WVI 2012).

2.1 Status Quo und Ohnefall

Die für das Projekt relevanten Streckenabschnitte des MIV, der Stadtbahn und der Busse befinden sich im Braunschweiger Stadtteil Volkmarode Nord. Das Investitionsvorhaben tangiert die dort verkehrenden Buslinien 230, 417, 424 und 437 sowie die Stadtbahnlinie M3. Während die zwischen Wolfsburg und dem Braunschweiger Zentrum verkehrende Buslinie 230 in ihrer Streckenführung sowie die MIV-Führung im Mitfall keiner Veränderung unterliegen würde, entstehen durch das Projekt Abweichungen im Verlauf der übrigen Verbindungen. Aktuell frequentieren die Buslinien 417, 427 und 437 zwischen dem Haltepunkt (HP) Moorhüttenweg in nordöstliche Richtung, entlang der Berliner Heerstraße (B 248) bis zum HP Steinkamp an der sie sich trennen. Ab dort bedienen die Linien 427 und 437 Haltepunkte in südliche Richtung nach Weddel, Cremlingen und Boxdorf. Linie 417 pendelt von / nach Dibsborn und Hondelage über den Moorhüttenweg zum HP IGS Volkmarode. Der Ohnefall unterscheidet sich vom Istzustand durch die Rückverlagerung der Endstation Grenzweg zum HP Moorhüttenweg bezüglich der Linie M3 sowie der Neueinrichtung des HP Kruseweg zwischen HP Steinkamp und HP Ziegelwiese (vgl. Abb. 2.1).

2. Stadtbahnverlängerung Volkmarode Nord

Abbildung 2.1: Volkmarode Nord im Ohnefall



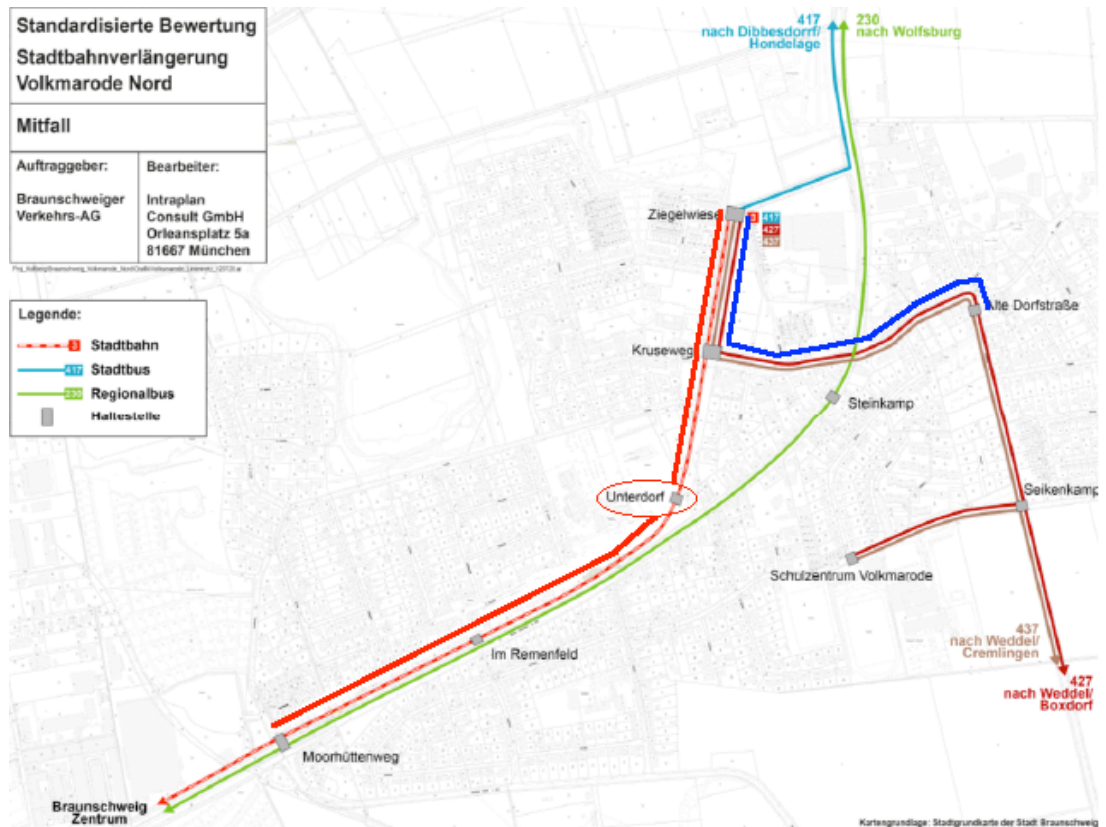
Quelle: ITP /WVI 2012, Abschlussbericht Stadtbahnverlängerung Volkmarode Nord, S. 27 / Braunschweiger Verkehrs GmbH, 2016, Netzplan. Implementierung des HP Kruseweg und Rückbau HP Grenzweg im Ohnefall.

2.2 Das Investitionsvorhaben

Im Zuge des Investitionsvorhabens sollen folgende Umbau- und Ausbaumaßnahmen stattfinden. Die Verlängerung der Stadtbahnlinie M3 von HP Moorhüttenweg über HP Am Remenhof, den neu zu errichtenden HP Unterdorf und HP Kruseweg bis an die Endstation Ziegelwiese. Die Buslinie 417 von, beziehungsweise nach Dibbesdorf / Hondelage verkehrt im Mitfall nur noch bis zur Haltestelle Ziegelwiese. Gleiches gilt für die Buslinien 427 und 437 aus und nach Richtung Süden über den HP Kruseweg kommend. Die Station Steinkamp würde ihre Anbindung an die Linien 427 und 437 verlieren und HP Kruseweg direkt mit dem HP Alte Dorfstraße verbunden werden (vgl. Abb. 2.2).

2. Stadtbahnverlängerung Volkmarode Nord

Abbildung 2.2: Volkmarode Nord im Mitfall



Quelle: : ITP /WVI 2012, Abschlussbericht Stadtbahnverlängerung Volkmarode Nord, S. 39. Verlängerung Stadtbahnlinie M3 (rot) und Umleitung der Linien 427 und 437 (blau).

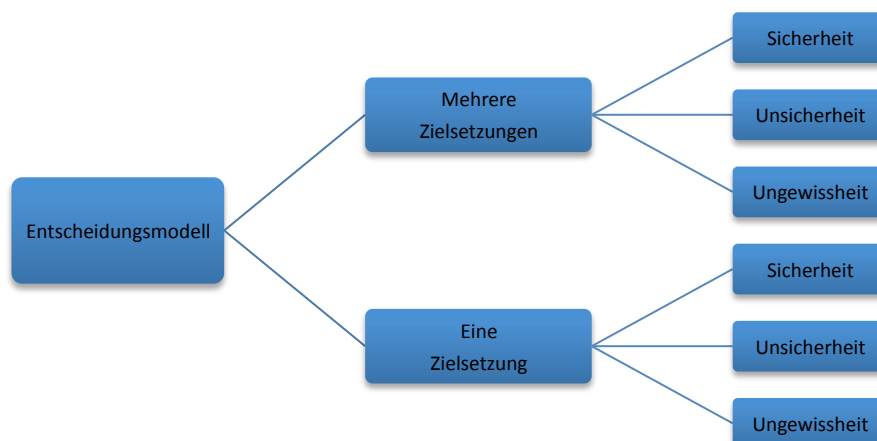
3. Entscheidungstheorie

Die Entscheidungstheorie beschäftigt sich in ihrem Grundsatz mit der Analyse von rationalem bzw. versucht rationalem Verhalten in Entscheidungssituationen. Die zwei maßgeblichen Faktoren in der Entscheidungsfindung sind zum Einen der Entscheidungsträger (ET) und zum Anderen die zu Grunde liegende Entscheidungssituation. Diese wird durch Aktionen, Rahmenbedingungen und Zielsetzungen beschrieben beziehungsweise beeinflusst (Bamberg/Coenenberg/Krapp 2012, S. 1). Im Sinne der Nachvollziehbarkeit und letztendlichen Lösung eines komplexen Entscheidungsproblems bedarf es seiner Dekomposition und Isolierung damit ein entsprechendes Entscheidungsmodell generiert werden kann. Im Folgenden werden dessen grundlegende Komponenten erläutert und ein Bezug zur vorliegenden Investitionsentscheidung in Volkmarode hergestellt.

3.1 Vorüberlegungen

Im Vorfeld der Modellierung sollten Vorüberlegungen getroffen werden. Es muss eine Auswahl von zu untersuchenden Alternativen getroffen werden, die zu betrachtenden Parameter festgelegt werden und hinsichtlich eines einstufigen oder mehrstufigen Handlungskonzeptes entschieden werden. Zudem gilt es alle relevanten Umweltzustände zu definieren und zu prüfen ob eine Entscheidung unter Sicherheit, Unsicherheit oder Ungewissheit stattfindet. Im Hinblick auf die Präferenzmodellierung sollte über eine ein- oder mehrdimensionale Zielsetzung (vgl. Abb. 3.1) entschieden werden und gegebenenfalls Gewichtungen der Ziele vorgenommen werden. (Eisenführ/ Weber/ Langer, 2010, S. 19 f.).

Abbildung 3.1: Entscheidungsmodelle



3.2 Entscheidungsmodell

Für die Etablierung eines Entscheidungsmodells bedarf es folgender Grundelemente:

- Der Zielgrößen z_1, z_2, \dots, z_n welche die Bewertungskriterien abbilden
- Der Alternativmenge A mit sich ausschließenden Alternativen a_1, a_2, \dots, a_n
- Die Zustände S mit nicht beeinflussbaren, problemrelevanten Umwelteinflüssen s_1, s_2, \dots, s_n sowie gegebenenfalls ihre Eintrittswahrscheinlichkeiten $w(s_n)$ mit $w(s_n) > 0$.
- Die Ergebnisse e_{ij} abhängig von betrachtetem Zustand s_j und Alternative a_i .

(Laux/Gillenkirch/Schenk-Mathes 2014, S. 38 f.). Dabei ist anzunehmen, dass mit wachsendem Blick in die Zukunft die Verlässlichkeit der Daten abnimmt. Der zeitliche Modellhorizont wird zur Vereinfachung möglichst begrenzt (Obermaier/Saliger 2013, S. 3).

3.2.1 Der Zielraum

Der Zielraum des Entscheidungsmodells beinhaltet alle für den ET relevanten Zielgrößen. Sie sind definiert hinsichtlich Merkmal, Zielvorschrift und Zeitbezug. Im Fall der Entscheidung über die Investition in die Stadtbahnverlängerung in Volkmarode auf Basis der Standardisierten Bewertung ist die ausschlaggebende Zielgröße der Nutzen-Kosten-Indikator. Zielgrößen können dabei nominal, ordinal oder kardinal skaliert sein. Die angestrebte Ausprägung der Zielgröße ist durch die Zielvorschrift beschrieben. Es ist dabei zu unterscheiden ob die Zielgrößen hinsichtlich Zeit, Risiko, Art oder Höhe präferiert sind. In letzterem Fall können Extremierungs-, Fixierungs oder Satisfizierungsvorschriften gelten (Göbel 2014, S. 54). Da für eine finanzielle Förderung auf Basis der SB ein NKV von größer gleich eins nachgewiesen werden muss, kommt im Fallbeispiel Volkmarode eine Satisfizierungsvorschrift mit $NKV \geq \text{eins}$ sowie eine Extremierungsvorschrift nach dem Maximalprinzip im Falle mehrerer Alternativen zur Anwendung.

3.2.2 Die Alternativmenge

Die dem ET zur Verfügung stehenden Alternativen müssen nach dem Prinzip der vollkommenen Alternativenstellung formuliert sein. Danach ist der ET gezwungen eine betrachtete Alternative zu ergreifen, kann aber auch nur eine einzige realisieren (Bamberg/Coenenberg/Krapp 2012, S. 15 f.). Des Weiteren muss die Alternative auf mindestens eine Zielgröße Einfluss haben und kann umgehend eliminiert werden sofern erkennbar ist, dass sie hinsichtlich aller Zielgrößen nur gleich gut und mindestens einmal schlechter ist als eine zu vergleichende Alternative. Optional besteht die Möglichkeit die Alternativmenge durch Mindestanforderungen an Zielgrößen zu beschränken (Obermaier/Saliger 2013, S.5 f.). Für die Stadtbahnverlängerung in Volkmarode liegt zum jetzigen Zeitpunkt nur eine Investitionsvariante vor, weshalb die Alternativmenge in diesem Fall nur aus den zwei Möglichkeiten, der Investition und ihrem Verzicht, besteht.

3.2.3 Der Zustandsraum

Alle die Alternativen beeinflussenden Umwelteinflüsse werden im sog. Zustandsraum S abgebildet und sind dabei nicht von den Handlungen des ET abhängig. Ein Zustand s_i beschreibt dabei einen von meist mehreren möglichen Zuständen der Umwelt. Jeder Zustand beinhaltet dabei eine Kombination mehrerer den Zustand definierender Faktoren (Bamberg/Coenenberg/Krapp 2012, S. 18). Im Fall der Entscheidung über die Stadtbahnverlängerung in Volkmarode kann zum Beispiel das Stadtbild im Jahr 2025 als ein solcher Zustand betrachtet werden, während beispielsweise Veränderungen in der Sozialstruktur oder die Erschließungen von Neubaugebieten die den Zustand beschreibenden Faktoren darstellen.

3.3 Das Erklärungsmodell

Das Erklärungsmodell liefert den funktionalen Zusammenhang zwischen der Alternativmenge und den Zielgrößen. Es ist Kernstück des Entscheidungsmodells und beschreibt die Auswirkungen der Alternativen auf die aufgestellten Zielgrößen in Abhängigkeit der Umweltzustände. Somit gilt, dass jede Alternative a_i ein Ergebnis e_{ij} hinsichtlich aller Zielgrößen p in Abhängigkeit des Umweltzustandes s_j liefert:

$$e_{ij} = (e_{ij}^1, \dots, e_{ij}^k, \dots, e_{ij}^p) \quad (3.1)$$

Dabei kann im Falle mehrerer Betrachtungszeitpunkte q noch differenziert werden nach:

$$e_{ij}^k = (e_{ij}^{k1}, \dots, e_{ij}^{kt}, \dots, e_{ij}^{kq}) \quad (3.2)$$

Jedes Ergebnis e_{ij}^k bildet sich somit in Abhängigkeit von Umweltzustand und Alternative durch die Entscheidungsfunktionale f^{kt} , die den je nach Entscheidungssituation vorliegenden Ursachen-Wirkungsmechanismus beschreibt.

$$e_{ij}^{kt} = f^{kt}(a_i, s_j) \quad (3.3)$$

Diese Entscheidungsfunktionale ist im Fallbeispiel Volkmarode durch die standardisierte Bewertungsmethode gegeben. Schließlich kann auf Basis des Erklärungsmodells der Ergebnisraum E mit

$$E = \{e_{11}, \dots, e_{ij}, \dots, e_{nm}\} \quad (3.4)$$

dargestellt werden. Je nach Dimensionierung der Zielgrößen wird dieser durch unterschiedliche Ergebnismatrizen veranschaulicht wobei die Zielwirkungen der Alternativen je betrachtetem Zustand wiederum separat in eigenen Zustandsmatrizen abgebildet werden können (vgl. Abb. 3.2) (Obermaier/Saliger 2013, S.8 f.).

Abbildung 3.2: Ergebnismatrix

S₁		Kriterien			
		k ₁	k ₂	k ₃	k _p
Alternativen	a ₁	e ¹ ₁₁	e ² ₁₁	e ³ ₁₁	...
	a ₂	e ¹ ₂₁	e ² ₂₁	...	
	a ₃	e ¹ ₃₁	...		
	a _n	...			

E		Zustände			
		s ₁	s ₂	s ₃	s _n
Alternativen	a ₁	e ₁₁	e ₁₂	e ₁₃	...
	a ₂	e ₂₁	e ₂₂	...	
	a ₃	e ₃₁	...		
	a _n	...			

3.4 Präferenzen

„Präferenzen“ sind Einstellungen des ET zu Handlungsalternativen, bzw. zu deren Konsequenzen.“(Eisenführ/Weber/Langer 2010, S. 35). Für eine erfolgreiche Entscheidungsfindung müssen die Ausprägungen der Zielgrößen in Beziehung gesetzt werden. Dazu muss der ET bei jedem zu vergleichendem Alternativenpaar feststellen können ob nach dem Prinzip der *Vollständigkeit* gilt:

- $e_x^k \geq e_y^k$; Präferenz: e_x^k ist mindestens genauso gut wie e_y^k
- $e_x^k > e_y^k$; strikte Präferenz: e_x^k ist besser als e_y^k
- $e_x^k \sim e_y^k$; Indifferenz: e_x^k ist genauso gut wie e_y^k

Er muss zwischen gleichen Alternativenpaaren indifferent sein (*Reflexivität*) und konsistente Aussagen treffen (*Transitivität*):

- aus $e_x^k > e_y^k$ und $e_y^k > e_z^k$ folgt $e_x^k > e_z^k$ bzw.
- aus $e_x^k \sim e_y^k$ und $e_y^k \sim e_z^k$ folgt $e_x^k \sim e_z^k$

(Göbel 2014, S. 53).

3.4.1 Zielgrößenmatrix

Im Falle einer einzigen Zielgröße im Zielraum ist es unter Verwendung der Ordnungs- und Transitivitätsaxiome relativ einfach die bestmögliche Alternative zu erkennen. Bei mehreren Zielgrößen wird das Ergebnis durch eine Zielgrößenmatrix abgebildet. Die Spalten werden dabei durch die einzelnen Zielgrößen definiert. Das Ergebnis ist dann durch den Vektor der Zielgrößenausprägungen beschrieben (Laux/Gillenkirch/Schenk-Mathes 2014, S. 58). Es können insofern Konflikte entstehen, dass keine Alternative existiert, die im Hinblick aller Zielgrößen dominiert. Das Problem kann durch die Bewertung der einzelnen Zielgrößen mit Hilfe von unterschiedliche Gewichtungsfaktoren oder Punktwerten geschehen, welche durch den ET festgelegt und anschließend aggregiert werden (Eisenführ/Weber/Langer 2010, S. 36).

3.4.2 Entscheidungsfindung im Fallbeispiel Stadtbahnverlängerung Volkmarode Nord

Im betrachteten Fallbeispiel handelt es sich um einen eindimensionalen Zielraum mit der kardinalen Zielgröße des Nutzen-Kosten-Faktors. Die Alternativmenge beinhaltet dabei die Optionen Investieren a_I und Nicht-Investieren a_{NI} . Für die Generierung der Ergebnisse wird die Standardisierte Bewertung im Sinne einer Entscheidungsfunktionalen angewendet. Das Urteil über die Förderwürdigkeit und damit den Investitionsentscheid, basiert letztendlich auf dem Vergleich der beiden Nutzen-Kosten-Faktoren wobei man die Alternative der Nicht-Investition mit einem hypothetischen Nutzen-Kosten-Faktor von *eins* bewerten und folgende relationale Nebenbedingung aufstellen würde:

- wenn $e_I = e_{NI}$ dann gilt $a_I > a_{NI}$

4. Bewertungsmethoden für Investitionsverfahren

Der § 6 Abs. 1 des Haushaltsgrundsatzgesetzes (HGrG) beschreibt das Gebot der Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit geltend für Bund und Länder. So heißt es: „Bei Aufstellung und Ausführung des Haushaltsplans sind die Grundsätze der Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit zu beachten.“ (Mühlenkamp 2015, S. 6 zitiert nach vgl. z.B. § 77 Abs. 2 Gemeindeordnung (GO) für Baden-Württemberg, Art. 61 Abs. 2 GO für den Freistaat Bayern, § 92 Abs. 2 hessische GO, § 110 Abs. 2 niedersächsisches Kommunalverfassungsgesetz (NKomVG)). Das HGrG bezieht seine Forderung nach Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen auf alle finanzwirksamen Maßnahmen, wobei es nicht explizit auf eine bestimmte Untersuchungsmethodik verweist. Im juristischen Sinne wird Wirtschaftlichkeit als Erreichung des bestmöglichen Ergebnisses bei gegebenen Mitteln verstanden, während Sparsamkeit dagegen als die Erfüllung eines gegebenen Zieles unter minimalem Einsatz von Mitteln bedeutet. (Mühlenkamp 2015, S. 6 zitiert nach Grupp 1985, S. 8 ff. und Musil 2005, S. 73). Grundsätzlich kann zwischen zwei Prinzipien differenziert werden, dem Minimal- und dem Maximalprinzip.

$$\text{Minimalprinzip: } \min! \frac{\text{Input}}{\text{Output}} \qquad \text{Maximalprinzip: } \max! \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

Beide Handlungsprinzipien können bei einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung jedoch nicht gleichzeitig zum Tragen kommen. Des Weiteren existiert daneben das sog. Optimalprinzip, also die Optimierung des Quotienten aus Input und Output. Hiermit lässt sich eine Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Alternativen herstellen, die sich in Bezug auf Input als auch Output unterscheiden. Im Sinne der Wohlfahrtsökonomie ist der optimale Einsatz von Ressourcen maßgeblich um eine optimale Wohlstandsmaximierung der Bevölkerung unter Berücksichtigung aller Faktoren zu erzielen. In der Realität und speziell im öffentlichen Bereich ist die Annahme von unbegrenzt zur Verfügung stehender Ressourcen jedoch nicht realistisch und muss daher berücksichtigt werden (Mühlenkamp 2015, S. 7). Die auf staatlicher Ebene vorgeschriebenen Untersuchungen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit von öffentlichen Projekten und Maßnahmen inkludieren auch die in Kapitel 5 näher betrachtete Standardisierte Bewertung von Verkehrsweginvestitionen im öffentlichen Personennahverkehrs auf Basis des Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetzes nach § 2 Abs. 1 Nr. 2, § 11 GVFG für Maßnahmen mit erheblicher finanzieller Bedeutung. Aufgaben der öffentlichen Hand wie speziell die Bereitstellung von Verkehrsinfrastruktur,

sind im Grundgesetz (GG) oder in den Verfassungen der Bundesländer angeführt und bilden in Kombination mit dem Prinzip der *Wirtschaftlichkeit im Sinne der Wohlfahrtstheorie* die Prämissen unter denen eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt werden sollte. „Zum ersten geben Rechtsnormen bestimmte Aufgaben vor. Zum zweiten gibt das Haushaltsrecht den Wirtschaftlichkeitsgrundsatz und damit ein Ziel vor. Dieses Ziel ist die wirtschaftliche Erfüllung öffentlicher Aufgaben.“ (Mühlenkamp 2015, S. 38).

Grundsätzlich gilt es bei der Betrachtung und Analyse der Wirtschaftlichkeit zwischen einzelwirtschaftlichen und gesamtwirtschaftlichen Untersuchungsansätzen zu differenzieren. Analyseverfahren unter einzelwirtschaftlichem Blickwinkel vernachlässigen gesamtwirtschaftliche Zielsetzungen, denn Effizienzkonzepte auf Basis von Rentabilitäts-, Kosteneffizienz- oder Produktivitätsberechnungen sind Bewertungungsverfahren ausschließlich aus der Sicht des Investors, vernachlässigen dabei jedoch alle *externen Effekte* bzw. *externen Nutzen*, wie zum Beispiel Reisezeitvorteile bei Maßnahmen in der Verkehrsinfrastruktur. Dieser Grundsatz lässt sich durch die zwei folgenden Quotienten veranschaulichen. Ersterer bildet dabei als Verhältnis von internem Nutzen (N_{int}) zu internen Kosten (K_{int}) als einzelwirtschaftliche Relation ab, zweiter unter Berücksichtigung von externen Nutzen (N_{ext}) und *externen Kosten* (K_{ext}) den einer gesamtwirtschaftliche Betrachtung.

$$1. \frac{N_{int}}{K_{int}}$$

$$2. \frac{N_{int} + N_{ext}}{K_{int} + K_{ext}}$$

Die Nichteignung der einzelwirtschaftlichen Verfahren resultiert zudem aus der Tatsache, dass diese ausschließlich mit marktbasierten, einzelwirtschaftlichen Rechengrößen (Kosten, Erlöse, Zahlungen etc.) arbeiten, jedoch für bestimmte Güter des öffentlichen Sektors gar keine Märkte vorhanden sind. Die Begründung hierfür liegt in der Nichtanwendbarkeit des Ausschlussprinzips, welches jedoch für die Funktionsfähigkeit des Marktmechanismus unverzichtbar ist. Somit können Personen, die nicht für die Güter bezahlt haben, dennoch in ihren Genuss kommen. Des Weiteren wird unter Verwendung einzelwirtschaftlicher Verfahren der entstehende Nutzen bei den Konsumenten nicht ausreichend berücksichtigt, da nur die tatsächlich gezahlten Beträge berücksichtigt werden nicht jedoch die generelle Zahlungsbereitschaft der Abnehmer. Auswirkungen von Maßnahmen auf die Wohlfahrt sind daher nur schwer erkennbar. Im Gegensatz dazu wird die Kostenseite in der Regel überschätzt, da hier

Produzentenrenten enthalten sind und somit die Kostenbeträge der Anbieter stets über jenen liegen, die nötig wären, um die ihnen entstehenden (Opportunitäts-) Kosten zu decken (Mühlenkamp 2015, S. 156 ff.). Generell muss dem Anwender der hohe Informationsbedarf bei volkswirtschaftlichen Untersuchungsverfahren bewusst sein. Daher sollte im Hinblick auf die potentielle, vom Projekt induzierte, Wohlfahrtsänderung abgewogen werden, ob es komplexer und kostenintensiver Untersuchungen wie der Kosten-Nutzen-Untersuchung bedarf. Typische Verfahren unter volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten sind die Nutzwertanalyse, die Kosten-Wirksamkeitsanalyse sowie die Kosten-Nutzen-Analyse. Grundsätzlich verlangen alle der drei im Folgenden vorgestellten Analyseverfahren eine sorgfältige Zielanalyse im ersten Schritt. Hierzu sollte der Sinn und Zweck des zu betrachtenden Projektes klar erörtert werden. Darauf basierend werden sog. Zielgrößen abgeleitet anhand derer sich vorteilige sowie nachteilige Projektauswirkungen kardinal, ordinal oder verbal bemessen lassen. Beispielsweise ist eine häufige Zielgröße bei Verkehrsprojekten die „Reduktion der Unfallgefahr“ welche sich in ihre Unterziele „Personenschäden“ und „Sachschäden“ gliedern könnte. Im Sinne der Zusammenführung der verschiedenen Zielwirksamkeiten unterscheiden sich die Verfahren aber grundlegend.

4.1 Konventionelle Bewertungsmethoden

4.1.1 Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse, auch bekannt als Punktwertverfahren, ist ein vergleichsweise einfaches und praktisches Verfahren zur Entscheidungsfindung bei unterschiedlichen Handlungsalternativen. Dabei werden die Alternativen nach dem Kriterium ihrer Zielwirksamkeit bewertet und somit vor allem ihre Effektivität beleuchtet. Kosten können implizit erfasst werden oder gegebenenfalls über eine alleinige Zielgröße berücksichtigt werden wobei ihre spätere Gewichtung mit negativem Vorzeichen in die Berechnungen eingeht. Je nach der Bedeutsamkeit der Zielgrößen werden sie gewichtet sowie ein Bewertungsschlüssel generiert welcher die Zielwirkungen in ihren originären Messgrößen auf eine einheitliche Punkteskala überträgt. Sowohl die Gewichtung der Zielgrößen als auch die Erstellung des Bewertungsschlüssels obliegen dem ET. Für die Ergebnisfindung bedarf es der Kumulierung der bepunkteten Zielwirkungen. Das Projekt mit der höchsten Punktzahl erfüllt die Kriterien am besten (Westermann 2012, S. 36 f.).

4.1.2 Kosten-Nutzen-Analyse

Die Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) wurde ursprünglich im Sinne der Beurteilung öffentlicher Maßnahmen entwickelt und zeichnet sich durch eine eindimensionale Quantifizierung ihrer Zielgrößen aus. Entsprechend wird den Kosten ein monetarisierter Nutzenwert gegenübergestellt. Dies limitiert die verwendbaren Zielgrößen auf diejenigen mit monetarisierbarer Zielwirkung. Man bezeichnet diese als tangible Effekte. Andere Zielwirkungen, intangible Effekte, müssen mit anderen Verfahren betrachtet werden (v. Zwehl/Schmidt-Ewig 1981, S. 55 f.). Prinzipiell ist davon auszugehen, dass weder Nutzen noch Kosten zu einem einzigen, gleichen Zeitpunkt in ihrem vollen Umfang auftreten. Kosten wie beispielsweise Unterhaltungskosten bei Verkehrsprojekten oder auch Nutzeneffekte treten über Jahre hinweg in unterschiedlichen Ausmaßen auf und müssen daher für eine Vergleichbarkeit homogenisiert werden. Erreicht wird dies durch Diskontierung der Nutzen und Kosten zumeist auf den Zeitpunkt des Projektbeginns (Hanusch 2011, S. 118).

Ziel der Kosten-Nutzen-Analyse ist die Steigerung des Gesamtnutzens einer Volkswirtschaft, also die Identifizierung jener Alternative mit dem größten Nutzenzuwachs. Sie fungiert nach dem Opportunitätskostenprinzip und berücksichtigt in ihrer Anwendung zudem externe Effekte. Diese Effekte sind zumeist eine indirekte Konsequenz einer Handlungsalternative wie beispielsweise ein steigender CO₂-Ausstoß aufgrund bestimmter Verkehrsverlagerungen (Westermann 2012, S. 7). Die drei folgenden Entscheidungskriterien entsprechen jenen dynamischen Betrachtungen aus der Betriebswirtschaftslehre.

4.1.2.1 Nettogegenstandswert

Simultan zur Kapitalwertmethode wird durch den Nettogegenstandswert (NGW) der Projektwert zum Zeitpunkt $t = 0$ ausgedrückt. Er beschreibt also die Differenz aus Nutzen (N) und Kosten (K) über die betrachteten Perioden T zum gegenwärtigen Zeitpunkt abgezinst mit dem Diskontierungsfaktor i . Sofern die Investition einen positiven Nettogegenstandswert generiert gilt sie als vorteilhaft. Bei einem NGW von null erzielt sie genau den Diskontierungszinssatz (Becker 2016, S. 61).

$$NGW = \sum_{t=0}^T (N_t - K_t) \cdot (1 + i)^{-t} \quad (4.1)$$

4.1.2.2 Nutzen-Kosten-Verhältnis

Das Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) oder auch Quotientenkriterium setzt Gegenwartswert der kumulierten Nutzen ($GW(N)$) und Kosten ($GW(K)$) ins Verhältnis. Voraussetzung bei diesem Vorgehen ist die Möglichkeit einer klaren Abgrenzung von Kosten und Nutzen. Unterliegen die Nutzen und Kosten unterschiedlichen Klassifizierungen besteht durch Kompensationseffekte die Gefahr eines nicht mehr aussagekräftigen und verfälschten Verhältniskriteriums (Hanusch 2011, S. 119).

$$\frac{GW(N)}{GW(K)} = \frac{\sum_{t=0}^T N_t \cdot (1+i)^{-t}}{\sum_{t=0}^T K_t \cdot (1+i)^{-t}} \quad (4.2)$$

4.1.2.3 Interner Zinsfuß

Die Methodik des internen Zinsfußes r ermittelt den Abzinsungsfaktor den es benötigt um Kosten und Nutzen zum Basiszeitpunkt gleichzusetzen. Entsprechend bildet er die Effektivverzinsung der in dem Projekt eingesetzten Ressourcen ab.

$$0 = \sum_{t=0}^T \frac{(N - K)^t}{(1+r)^t} \quad (4.3)$$

Im Falle mehrerer Schnittstellen zwischen den Kosten- und Nutzenverläufen, möglich aufgrund der mathematischen Struktur einer Formel n-Grades, können aus der Berechnung mehrere interne Zinsfüße resultieren. Aus ökonomischer Sicht sind negative interne Zinsfüße zwar zu vernachlässigen, jedoch muss ab einem Polynom 3-ten Grades eine Interpolation mit zwei Versuchszinssätzen durchgeführt werden da eine analytisch hergeleitete Lösung nicht mehr möglich ist. Nach der Vorzeichenregel von Descartes können in einer Gleichung so viele Nullstellen entstehen wie sie Vorzeichenwechsel hat. Entsprechend sollte ab einem Polynom dritten Grades mit Vorzeichenwechseln auf den Nettogegenstandswert zurückgegriffen werden, da eine Lösung nicht eindeutig bestimmt werden kann (Bank/Gerke 2016, S. 134). Im Hinblick auf die Eignung der oben angeführten Entscheidungskriterien der Kosten-Nutzen-Analyse muss zwischen isolierten Einzelentscheidungen und dem Vergleichen von Handlungsalternativen differenziert werden. Beurteilt man lediglich eine einzelne Maßnahme in Bezug auf ihre wirtschaftliche Sinnhaftigkeit so würden der Nettogegenstandswert, das Kosten-Nutzen-Verhältnis sowie die Methode des internen Zinsfußes, sofern sie nur einen einzigen positiven Abzinsungsfaktor liefert, ein

einheitliches Ergebnis erzeugen. Im Einzelnen würde bei einer positiven Entscheidung und einer Diskontierungsrate i gelten:

- $NGW > 0$ (Nettoglegenwartswert)
- $\frac{GW(N)}{GW(K)} > 1$ (Nutzen-Kosten-Verhältnis) und
- $r > i$ (Interner Zinsfuß)

Soll auf Basis der Entscheidungskriterien der NKA hingegen eine Rangfolge der Alternativen gebildet werden, so führen die unterschiedlichen Ansätze oft auch zu verschiedenen Ergebnissen. Während der Nettoglegenwartswert nach dem Maximalprinzip diejenige Alternative mit dem höchsten NGW empfehlen wird, würde nach dem Nutzen-Kosten-Verhältnis die Alternative mit dem optimalen Einsatz von Ressourcen zum generierten Nutzen dominieren (Optimalprinzip). Je nach Zielsetzung und Budgetvorgaben muss dahingehend über die zu verwendende Methodik abgewogen werden (Hanusch 2011, S. 119 f.). Der interne Zinsfuß legt, zumindest in seiner einfachen Form, die in den meisten Fällen eher unrealistische Wiederanlageprämisse zugrunde. Zwar kann diese gewissen Modifikationen unterzogen werden, würde damit jedoch eine benutzerunfreundliche Komplexität erzeugen (Colbe/Laßmann/Witte 2015, S. 148).

4.1.3 Kosten-Effektivitätsanalyse

Eine weitere Untersuchungsmethodik für Maßnahmen im öffentlichen Sektor ist die Kosten-Effektivitätsanalyse bzw. Kosten-Wirksamkeits-Analyse. Sie vereint Komponenten der Nutzenwirksamkeitsanalyse sowie der Nutzen-Kosten-Analyse im Hinblick auf Bewertung von Output und Input. Dabei untersucht die Kosten-Effektivitätsanalyse, ähnlich wie die Nutzwertanalyse, Projekte auf einer der Wohlfahrtszielsetzung untergeordneten projektspezifischen Zielebene. Das zu betrachtende Vorhaben wird in mehrere operationalisierbare Unterziele aufgeteilt. Ebenso wie die Nutzen-Kosten-Analyse stützt sich die Kosten-Effektivitätsanalyse auf das Opportunitätskostenprinzip weshalb die Kostenseite die gleiche Betrachtung wie in der NKA erfährt. Im Gegensatz dazu findet auf der Nutzenseite, kongruent zur Nutzenwirksamkeitsanalyse, nach diesem Vorgehen keine Monetarisierung der Outputfaktoren statt. Die Ziele und Unterziele gehen zumeist entsprechend ihrer originären Wirkungsmaßstäbe oder ihrer festgelegten Maßstäbe in die Analyse ein. Eine Kumulati-

on dieser Werte zu einem Gesamtwert findet im Weiteren nicht statt (Hanusch 2011, S. 161 f.). Typische Beispiele für zwar kardinal messbare, aber wenn überhaupt nur schwer monetarisierbare Zielgrößen, sind Umweltziele wie die Reduzierung des Fluglärms. Eine Messung in Dezibel ist zwar möglich, jedoch ist die Monetarisierung einer Ab- oder Zunahme nur schwer umzusetzen. Erkennbar wird die Problematik eines fehlenden Gesamtindikators pro Projekt im Hinblick auf die Erstellung einer Rangfolge. Die klare Vorteilhaftigkeit eines Projektes gegenüber anderen ist nur erkennbar sofern es die anderen Projekte in allen Zielgrößen dominiert und zudem geringere Kosten verursacht. Lediglich im Fall eines eindimensionalen Zielkriteriums ist es möglich durch Bildung des Quotienten aus Wirksamkeit und Kosten eine klare Reihenfolge zu etablieren. Diese Eigenschaft ist zugleich auch der Vorteil der Kosten-Wirksamkeitsanalyse. Sie vermeidet durch das Zusammenfassen von Zielwirkungen einen Informationsverlust und eignet sich damit besonders für detaillierte Paarvergleiche (Hanusch 2011, S. 170 f.).

4.1.4 Beurteilung der Wirtschaftlichkeitsanalysen

Die Nutzwertanalyse bietet den Vorteil ihres einfachen mathematischen Aufbaus und der Möglichkeit Projektalternativen auf Punktbasis in Reihenfolge zu bringen. Durch die Zusammenfassung der verschiedenen Zielgrößen gehen jedoch Informationen verloren und eine Aussage über die absolute Vorteilhaftigkeit eines Projekts kann zudem nicht getroffen werden. Hauptkritikpunkt ist allerdings die Manipulationsanfälligkeit der Methode. Durch die Einflussnahme des ET auf Gewichtung und Aufschlüsselung der Zielwirkungen können Ergebnisse leicht verändert werden.

Das Konzept der Kosten-Wirksamkeits-Analyse trifft ebenso keine Aussage über die absolute Vorteilhaftigkeit eines Projekts und kann zudem Projektalternativen nur im Fall von eindimensionalen Zielsystemen in eine Rangordnung bringen. Zwar bedarf es bei der Ergebnisbetrachtung der Bewältigung einer vergleichsweise großen Informationsmenge, dafür bietet sie im Gegenzug die Option von detaillierten Paarvergleichen. Zusammenfassend eignet sie sich eher als ergänzende Untersuchungsmethode.

Mit der Kosten-Nutzen-Analyse erhält der Anwender ein Instrument für die Erstellung von Rangfolgen sowie zur Überprüfung der absoluten Vorteilhaftigkeit. Des Weiteren ermöglicht sie die Bestimmung des optimalen Ressourceneinsatzes und so-

gar Projekte mit unterschiedlichen Zielgrößen können aufgrund der einheitlichen Skalierung der Zielwirkungen miteinander verglichen werden (Mühlenkamp 2015, S. 187 ff.). Da es bei der NKA keiner Bildung von Bewertungsschlüsseln bedarf, ist sie relativ Manipulationsresistent.

5. Grundzüge der Standardisierten Bewertungsmethode

„Mit der „Standardisierten Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs“ verfolgt der Bundesminister für Verkehr gemeinsam mit den Verkehrsministern der Länder das Ziel, die Entscheidungsgrundlage für den Einsatz öffentlicher Investitionsmittel nach dem Gesetz über Finanzhilfen des Bundes zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse der Gemeinden (Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz, GVFG) zu vereinheitlichen, um die Beurteilung von örtlich, technisch und verkehrswirtschaftlich unterschiedlichen Vorhaben nach gleichen Maßstäben zu ermöglichen.“(ITP/VWI 2006, S. 1). Mit dieser Intention wurde 1976 die erste Verfahrensanleitung für die bis heute mehrmals überarbeitete Version des Regelwerks verfasst. Ein grundlegender Gedanke für die Vergleichbarkeit von infrastrukturellen Bauvorhaben im öffentlichen Nahverkehr in Deutschland ist die Verwendung eines einheitlichen Bewertungsverfahrens. Die Standardisierte Bewertung dient damit als Grundlage für die Förderwürdigkeit nach dem GVFG. Die Durchführung der Standardisierten Bewertung bei Investitionsabsichten mit großer finanzieller Bedeutung ist nach § 6 des Gesetzes über die Grundsätze des Haushaltsrechts des Bundes und der Länder (HGrG) und § 7 der Bundeshaushaltsordnung (BHO) unabdingbar. Nach § 2 Abs. 1 Nr. 2 und § 11 des (GVFG) gilt dies für Vorhaben ab einem Finanzvolumen von 25 Mio. €. Mit der SB sollen primär Entscheidungen hinsichtlich

- der absoluten Vorteilhaftigkeit einer Maßnahme und
- der relativen Vorteilhaftigkeit einer Maßnahme gegenüber Alternativen

getroffen werden. Der Aufbau der SB basiert dabei auf dem Prinzip des Vergleiches von Mit- und Ohnefall. Neben der Erfassung des von der Maßnahme betroffenen Istzustandes muss eine Prognose für die Veränderungen im Verkehrsangebot und der Verkehrsnachfrage stattfinden. Im Idealfall können Daten diesbezüglich von lokalen Verkehrsbetrieben verwendet werden. Aufgrund der gesamtwirtschaftlichen und gesamtgesellschaftlichen Bedeutung von Investitionsvorhaben im ÖPNV wird innerhalb des Verfahrens zwischen drei Betrachtungsfeldern unterschieden.

Optimierung der Nutzenstiftung für:

- Fahrgäste
- Finanzierungs- und Aufgabenträger des ÖPNV

- Allgemeinheit

Zu jedem Oberziel lassen sich wiederum spezifischere Zielgrößen (Unterziele) ableiten. Um diese einheitlich bemessen zu können, werden sog. Teilindikatoren gebildet welche die Wirkungen der einzelnen Zielgrößen im Idealfall quantitativ und in ihren originären Dimensionen abbilden. Dabei bilden sie, sofern quantifizierbar, den Saldo zweier Wirkungen aus Mit- und Ohnefall. Zum Beispiel bemisst der Teilindikator „Saldo MIV-Verkehrsleistung“ das Einsparpotential in Personenkilometer pro Jahr. Ist eine Quantifizierung nicht möglich so können Teilindikatoren auch verbal ausgedrückt werden. Unabhängig ihrer zugehörigen Oberziele lassen sich die Teilindikatoren in drei unterschiedliche Gruppen gliedern. Jene aus welcher der Nutzen-Kosten-Indikator (E1) gebildet wird, weiter diejenige für die Bestimmung des Nutzwertanalytischen Indikators (E2) und die ausschließlich in verbale Diskussionen einfließenden „weichen“ Teilindikatoren (siehe Abbildung A.1, S. 60). In der vorliegenden Ausarbeitung wird primär der für die Förderfähigkeit ausschlaggebende Nutzen-Kosten-Indikator E1 betrachtet (ITP/VWI 2006, S.1 ff.).

5.1 Methodik

Die SB basiert auf der Methodik der Nutzen-Kosten-Analyse, mit dem Verhältniskriterium als Entscheidungsindikator, sowie im Weiteren auf der Nutzwertanalyse. Maßgeblich für die Förderwürdigkeit eines Projekts ist ein Verhältnis von Nutzen zu Kosten größer eins. Im Falle mehrerer Projekte wird entsprechend eine Rangfolge nach dem Nutzen-Kosten-Verhältnis gebildet. Da die SB eine Vereinheitlichung von Projektbewertungen bewirken möchte, ist es nur logisch, dass sie die zu betrachtenden Zielgrößen diktiert. Mit Hilfe derer werden pro Handlungsalternative die Zielwirkungen von Mit- und Ohnefall erfasst und annualisiert. Summiert bilden sie den vom Projekt freigesetzten jährlichen Nutzen der anschließend den Investitionskosten gegenübergestellt wird. Da die meisten Zielgrößen in ihrem naturell nicht in Geldeinheiten gemessen werden, bedarf es kriterienspezifischer Kostensätze welche die SB in ihren Anhängen mitliefert. Die Kostensätze werden in Kapitel sechs und sieben präziser betrachtet. Der nutzwertanalytische Indikator (E2) wird im Sinne der traditionellen Nutzwertanalyse gebildet. In diesen Indikator fließen alle kardinal skalierbaren Zielgrößen der SB. Ein Unterschied zur klassischen Herangehensweise besteht in der Zusammenführung von Bewertungsschlüssel und Gewichtung. „So ver-

schleiert die zweifache Umformung der originären Messgrößen oft, dass durch diese Umformung letztlich eben nur Werterelationen zwischen den auftretenden unterschiedlichen Dimensionen definiert werden.“(ITP/VWI 2006, S. 83) Dennoch gibt die SB keine Gewichtungen der Teilindikatoren vor, sondern empfiehlt sie lediglich.

5.2 Komponenten der Datenermittlung im Betrachtungsbeispiel „Stadtbahnverlängerung Volkmarode Nord

Um die betrachtete Stadtbahnverlängerung in Volkmarode Nord durch die Standardisierte Bewertung zu prüfen, bedarf es im ersten Schritt einer Erfassung der gegenwärtigen Situation. Dies bedeutet eine klare Definierung des Investitionsvorhabens, speziell das Ausklammern eventueller zur Disposition stehender zukünftiger Weiterführungen der Ausbaumaßnahme, eine klare Abgrenzung des Untersuchungsgebietes (UG) sowie die Festlegung des zu betrachtenden Prognose- oder Zieljahres, jenem Jahr der anvisierten Fertigstellung des Investitionsvorhabens. Zumeist wird hierbei das Gebiet des betroffenen Verkehrsverbundes gewählt, es darf jedoch bei großflächigen Verbundgebieten sinnvoll verkleinert werden (ITP/VWI 2006, S. 22). Im Beispiel Volkmarode Nord betrifft dies das Gebiet entlang der Linie M3 sowie der Buslinien 417, 427, 437 und 230 (ITP/WVI GmbH 2012, S. 4).

5.2.1 Verkehrszelleneinteilung

Die Unterteilung des UG in Verkehrszellen beabsichtigt eine möglichst präzise Zuordnung der Verkehrsnachfrager je Haltestelle. So soll nach der Standardisierten Bewertung das UG in einzelne Zellen gegliedert werden und diese mit abnehmender Distanz zur Umbaumaßnahme verfeinert werden. Im sog. engeren Untersuchungsgebiet, dem Gebiet welches unmittelbar von der Umbaumaßnahme tangiert wird, sollen die Zellen so gestaltet werden, dass jeder Haltestelle ihr fußläufiger Einzugsbereich durch eine Zelle zugeordnet ist. Mit zunehmender Distanz zum Bauvorhaben können die Zellen vergrößert werden, dürfen jedoch nur Gebiete gleicher Tarifzone beinhalten (ITP/VWI 2006, S. 22). Für das Betrachtungsbeispiel Volkmarode Nord wurde die Verkehrszelleneinteilung entsprechend Abbildung A.2 (siehe S. 61) vorgenommen.

5.2.2 Mit- und Ohnefall

Der Istzustand bildet in der Regel den aktuellen Zustand des Untersuchungsgebietes ab und ist Ausgangspunkt für die Ermittlungen des Mit- und Ohnefall. Hierbei werden die aktuellen Verkehrsverbindungen hinsichtlich Taktung, Reisezeit, Passagieraufkommen und Kapazitäten im Öffentlichen Personenverkehr (ÖV) sowie die Fahrtwege, Reisezeiten und das Reiseaufkommen im MIV erfasst. Diese für den Istzustand geltenden Werte werden später unter der Beachtung sozioökonomischer Veränderungen und vom Investitionsvorhaben unabhängiger Umbaumaßnahmen hinsichtlich Verkehrsangebot und -Nachfrage bis zum Zieljahr hochgerechnet. Der somit erzeugte Zustand entspricht dem Ohnefall. Neben den Veränderungen in der Bevölkerungsstruktur werden im Mitfall zusätzlich die infrastrukturellen und technischen Veränderungen sowie der daraus resultierende neue Modal Split abgebildet. Durch Gegenüberstellung von Mit- und Ohnefall können später Kosten- und Nutzeffekte der Investition verglichen werden.

Im Fallbeispiel Volkmarode Nord wird für die Abbildung des Istzustands das Jahr 2007 betrachtet. Aufgrund von Umbaumaßnahmen von 2009 bis 2011 in der Fallersleber Straße, aus denen ein Schienenersatzverkehr für die Linie M3 resultierte, konnten die in diesem Zeitraum herrschenden Ausnahmeverhältnisse nicht als Grundlage für den Istzustand verwendet werden. Daher wurden die letzten Verkehrserhebungen der Braunschweiger Verkehrs GmbH vor den Umbauarbeiten aus dem Jahre 2007 gewählt (ITP/WVI 2012, S. 11 f.).

5.2.3 Verkehrsangebot und Verkehrsnachfrage

Als Fundament für die Standardisierte Bewertungsmethode dient die Bestimmung von Verkehrsangebot und Verkehrsnachfrage. Diese Daten müssen für den Istzustand sowie für den Ohne- und Mitfall ermittelt werden. Auf Basis dieser Ergebnisse kann die Erfüllung der einzelnen Unterziele im Sinne der Berechnung ihrer Teilindikatoren erfolgen und schließlich der Kosten-Nutzen-Faktor bestimmt werden sowie eine nutzwertanalytische Untersuchung stattfinden. Daher gilt es im ersten Schritt des Verfahrens alle relevanten Verkehrsbeziehungen zu erfassen. Damit sind alle Verkehrsbeziehungen gemeint, welche im UG von Bus, Tram oder dem MIV sinnvoll bedient werden können. Davon ausgehend werden die zumeist schon bestehenden Verkehrserhebungen der lokalen Verkehrsbetriebe auf die von der Investition be-

troffenen Verkehrsrelationen umgelegt. Da dieses Vorgehen rein rechnerisch erfolgt, fordert die SB eine sog. Plausibilitätskontrolle welche einen Abgleich der rechnerischen Umlegung mit aktuellen Zählwerten beinhaltet. Des Weiteren ist das Verkehrsangebot im Mit- und Ohnefall einer Dimensionierungsprüfung zu unterziehen (ITP/VWI 2006, S.19 ff.). Es ist hierbei zu prüfen ob im Hinblick auf die prognostizierte Verkehrsnachfrage im Zieljahr die Personal- und Fahrzeugkapazitäten im angemessen Umfang eingesetzt würden.

Seitens der WVI GmbH wurde vor der Durchführung der SB bereits ein kalibriertes Verkehrsmodell für die Region Braunschweig erstellt. Ebenso führte die WVI eine Anpassung des Modells an aktuelle Zählwerte durch, legte relevante Modellwerte entsprechend den Verkehrszellen auf die von der Investition tangierten Relationen um und generierte unter Berücksichtigung neuer sozioökonomischer Strukturen das Verkehrsangebot für den Mit- und Ohnefall im Jahre 2025 (ITP/WVI 2012, S. 2).

5.2.4 Sozioökonomische Entwicklung

Für die Kalkulation der Verkehrsnachfrager im Mit- und Ohnefall müssen die vorliegenden sozioökonomischen Strukturen sowie deren Entwicklung bis zum Zieljahr 2025 ergründet werden. Die Daten für den Istzustand sowie für das Prognosejahr werden zumeist aus übergeordneten Quellen bezogen wie im vorliegenden Fall vom Statistischen Landesamt Niedersachsen. Darin enthalten sind Einwohnerzahlen sowie Arbeits-, Schul- und Studienplätze. Da diese Werte für vergleichsweise großflächigere Gebiete herausgegeben werden, müssen sie auf die einzelnen Verkehrszellen umgelegt werden. Die Hochrechnung der Bevölkerungszahl in Volkmarode für 2025 basiert auf den Ergebnissen der Studie „Die Ergebnisse der regionalen Bevölkerungsvorausberechnung für Niedersachsen bis zum 01.01.2013“ des Landesbetriebs für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen (2011). Dabei wurden neben demographischen Veränderungen auch die Zunahme von PKW-Verfügbarkeiten sowie neue Wohngebiete im UG berücksichtigt (ITP/WVI 2012, S. 22 f.). Die unter Berücksichtigung dieser Aspekte auf die Verkehrszellen aufgeschlüsselten Strukturdaten für den Ohnefall im UG sind in Abbildung A.3 (siehe S. 62) hinterlegt.

5.2.5 Plausibilitätskontrollen der ermittelten Nachfragedaten

Die rechnerisch ermittelten Querschnittsbelastungen der Quelle-Ziel-Relationen sind vor ihrer weiteren Verwendung mit aktuellen Zählwerten abzugleichen. Die Bezeichnung „aktuell“ beinhaltet hierbei einen Zeitrahmen von fünf Jahren. Sofern keine signifikanten Abweichungen zwischen den Zählwerten und der Umlegungsrechnung bestehen, können die Quelle-Ziel-Relationen für die weitere Verwendung herangezogen werden. Ausschlaggebend für die Güte der ÖV-Umlegung ist der im Verkehrswesen typische sog. GEH-Wert:

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \cdot (M - C)^2}{M + C}} \quad (5.1)$$

M Verkehrsstärke nach Modell

C Verkehrsstärke nach Zählung

Liegt dieser Wert unter zehn Prozent ist von einer ausreichend guten Abbildung der realen Situation auszugehen. Dies ist bei allen Querschnitten der Fall. Im späteren Verlauf der Bewertung gilt es eine weitere Plausibilitätsprüfung für den Ohnefall durchzuführen. Die Abweichungen, verursacht durch Änderungen in der Mobilität sowie im Modal Split sollen hier kleiner als zehn Prozent sein. Abweichungen sind explizit zu erläutern (ITP/WVI 2012, S. 65).

5.2.6 Widerstände im ÖV und MIV

Verkehrsverlagerungen (Modal Shift) vom MIV zum ÖV im Mitfall und somit die Änderungen in der Verkehrsnachfrage, lassen sich auf Basis von sog. Widerstandsmatrizen ableiten; spezieller auf Basis der darin enthaltenen ÖV-Gesamtwiderstände im Mit- und Ohnefall. Diese setzen sich aus den gewichteten Mittelwerten der jeweiligen ÖV-Routenwiderstände zusammen. Ein ÖV-Routenwiderstand (R) summiert dabei alle Teilwiderstände die für eine Relation gelten. Ein Widerstand beschreibt den zeitlichen Aufwand den ein Reisender für eine bestimmte Wegstrecke auf sich nehmen muss.

Der ÖV-Routenwiderstand beinhaltet folgende Komponente, wobei für die detaillierte Ermittlung der Komponente auf das Kapitel 2.2.3 „Kenngrößen zur Beschreibung der Angebotsqualität im ÖV“ Standardisierten Bewertung zu verweisen ist.

1. Gewichtung der Zeiten für An- und Abmarsch, sowie für Umsteigewege
2. Bewertung der Wartezeiten
3. Bewertung der Beförderungszeiten
4. Zeitäquivalente bei Nichteinhaltung der Standards für die Stationsausstattung
5. Zeitäquivalent für Unannehmlichkeiten beim Umsteigen
6. Zeitäquivalent für Abweichungen der Istfahrzeiten vom Sollfahrplan

Entsprechend gilt für den ÖV-Routenwiderstand je Relation ($R_{ij,ÖV}$):

$$\begin{aligned}
 R_{ij,ÖV} = & R_{Fußweg, Anmarsch} + R_{Station, Einsteigen} + \sum_{TW} (R_{imFahrzeug, TW}) \\
 & + \sum_{U_{ij}} (R_{Fußweg, Umsteigen} + R_{Warten, TW} + R_{Umsteigen} + R_{Station, Umsteigen}) \\
 & + R_{Fußweg, Abmarsch} + R_{Station, Aussteigen}
 \end{aligned} \quad (5.2)$$

und damit für den ÖV-Gesamtwiderstand ($W_{ij,ÖV}$) mit der Nutzungswahrscheinlichkeiten $p_{n,ij} = (0 \leq p_n \leq 1)$:

$$W_{ij,ÖV} = R_{ij,SV} + \sum_n R_{ij,ÖV} \cdot p_n \quad (5.3)$$

$R_{ij,SV}$ Reisezeitäquivalenzwert für die Systemverfügbarkeit²

Der ÖV-Gesamtwiderstand ist damit ein Indikator hinsichtlich der Angebotsqualität im ÖV pro Relation differenziert nach Mit- und Ohnefall. Der zu vergleichende MIV-Widerstand beinhaltet neben den Fahrtweiten in km den für die Berechnung des Modal Shift relevanten MIV-Gesamtwiderstand ($W_{ij,MIV}$) der sich aus

1. den Reisezeiten je Relation ($T_{ij,MIV}$)
2. der Parkplatzverfügbarkeit an Ziel j und Quelle i (V_p)

zusammensetzt.

$$W_{ij,MIV} = \frac{T_{ij,MIV}}{\min(V_{p,i}; V_{p,j})} \quad (5.4)$$

Vergleicht man im Mitfall die Verkehrsrelationen von MIV und ÖV so kommt es zu Widerstandsveränderungen, im Idealfall zu Reduzierungen bei den ÖV-Widerständen. Fällt ein Widerstand im ÖV ($W_{ij,ÖV}$) geringer aus als der entsprechen-

² Teilkomponente zur Beschreibung der Angebotsqualität im ÖV als Funktion der mittleren Fahrtenfolgezeit.

de MIV-Widerstand ($W_{ij,MIV}$), wird eine Verlagerung des Passagieraufkommens vom MIV zum ÖV nach Formel 5.4 angenommen (ITP/VWI 2006, S. 26 ff.).

5.2.7 Modal Split

Der Modal Split beschreibt die Wahl der Verkehrsmittel also die Aufteilung von Gütern und Personen auf verschiedene Verkehrsmittel. Im vorliegenden Fall bedeutet er die Verteilung auf den MIV und den ÖV. Durch die im Mitfall ((*m*)) erzeugten Veränderungen in der verkehrlichen Infrastruktur und den damit verbundenen Widerstandsänderungen stellt sich für das UG im Mitfall ein neuer Modal Split zum Ohnefall ((*o*)) ein. Er hat maßgeblichen Einfluss auf die für die NKA relevanten Teilindikatoren. Der sich verlagernde Verkehr wird je Relation $F_{ij,verl}$ gemäß der SB wie folgt berechnet:

$$F_{ij,verl} = F_{ij,Gesamt(o),E} \times \Delta a_{ij,\ddot{O}V} \quad (5.5)$$

$$F_{ij,Gesamt(o),E} = F_{ij,\ddot{O}V(o),E} + F_{ij,MIV(o)} \quad (5.6)$$

$$\Delta a_{ij,\ddot{O}V} = \frac{1}{1,1 + e^{g_1 + g_2 \times \frac{W_{ij,MV}}{W_{ij,\ddot{O}V}(m)}}} - \frac{1}{1,1 + e^{g_1 + g_2 \times \frac{W_{ij,MV}}{W_{ij,\ddot{O}V}(o)}}} \quad (5.7)$$

$F_{ij,Gesamt(o)}$ Anzahl aller Fahrten von Erwachsenen je Werktag (MIV & ÖV) im Ohnefall je Relation ij

$F_{i,\ddot{O}V(o),E}$ Anzahl aller Fahrten von Erwachsenen je Werktag im ÖV im Ohnefall je Relation ij

g_1, g_2 Koeffizienten der Modal-Split-Funktion gemäß SB Verison 2006 Anhang Tabelle 2-8

$\Delta a_{ij,\ddot{O}V}$ Differenz ÖV-Anteil an den allen motorisierten Fahrten (ÖV & MIV) zwischen Mit- und Ohnefall

(ITP/ VWI 2006, S. 45).

5.2.8 Induzierter ÖV-Verkehr

Hierbei handelt es sich um jenen Verkehr der im Ohnefall weder im ÖV noch MIV vorhanden ist. Er wird lediglich durch die Erhöhung der Attraktivität des ÖV-Angebots induziert.

$$F_{ij,\text{ÖV},ind} = (F_{ij,\text{ÖV}(o),E} + \frac{F_{ij,verl}}{2}) \times \frac{(W_{ij,\text{ÖV}(o)} - W_{ij,\text{ÖV}(m)})}{W_{ij,\text{ÖV}(m)}} \times 0,3 \quad (5.8)$$

Werden schließlich alle durch das Investitionsvorhaben eintretenden Effekte berücksichtigt ermittelt sich das prognostizierte Verkehrsaufkommen im Mitfall (siehe Abbildung A.4, S. 63). Dieser kann nun mit dem Ohnefall im Sinne der Nutzen-Kosten-Untersuchung verglichen werden (ITP/VWI 2006, S. 46).

6. E1 Teilindikatoren

Nutzen-Kosten-Indikator

In den Nutzen-Kosten-Indikator werden ausschließlich Teilindikatoren bzw. Zielgrößen einbezogen, welche in ihren originären Messgrößen in monetärer Form vorliegen oder durch konventionell abgesicherte Methodik monetarisiert werden können.

Folgende Teilindikatoren der SB werden berücksichtigt:

1. ÖV-Reisezeitdifferenzen
2. Saldo der Pkw-Betriebskosten
3. Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur des ÖV im Ohnefall
4. Saldo der ÖV-Gesamtkosten ohne Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur des ÖV im Mitfall
5. Saldo der Unfallschäden
6. Saldo der CO₂-Emissionen
7. Saldo der Bewertung der weiteren Schadstoffe
8. Saldo Geräuschbelästigung
9. Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur des ÖV im Mitfall

(ITP/VWI 2006, S. 82)

Nutzwertanalytischer Indikator

Dieser Indikator berücksichtigt alle kardinal messbaren Teilindikatoren und somit eine größere Bandbreite an betrachteten Zielgrößen als der Nutzen-Kosten-Indikator. Beispielsweise betrachtet er den Saldo des benötigten Flächenbedarfs oder die Indi-

zes der ÖV-Erreichbarkeiten von Stadtzentren bzw. Stadtteilzentren. Da hier nicht die Möglichkeit oder Absicht der Monetarisierung aller Teilindikatoren besteht, müssen die einzelnen Teilindikatoren in ihren unterschiedlichen originären Messgrößen in Relation zueinander gesetzt werden. Dies geschieht über die Gewichtung und Transformierung der einzelnen Teilindikatoren. Der Grad der Gewichtung ist in der SB nicht vorgeschrieben und hat daher den Charakter einer politischen Entscheidung. Allerdings werden in Tabelle 4-2, Anhang 1 der Standardisierten Bewertung (2006) Vorschläge für eine sinnvolle Gewichtung im Sinne einer interregionalen Vergleichbarkeit gemacht. Der Nutzwertanalytische Indikator ergibt sich schließlich aus der Division der Summe der gewichteten Teilindikatoren und dem ebenfalls gewichteten Kapitalsdienst für die ortsfeste Infrastruktur des ÖV im Mitfall (ITP/VWI 2006, S. 83).

Nicht quantifizierbare Indikatoren

Unterziele, deren Teilindikatoren schon nicht in ihrer originären Messgröße quantifiziert werden können, sind schwer in ein einheitliches Bewertungsschema zu integrieren und dienen daher ausschließlich zur verbalen Diskussion. Hier sind zum Beispiel Auswirkungen auf das Stadtbild oder auf Naturschutzgebiete zu nennen.

6.1 Teilindikatoren des Nutzen-Kosten-Indikators (E1)

6.1.1 PKW – Betriebskosten

Eingangsgröße(n): - MIV Verkehrsleistung im Mit- und Ohnefall

vorgegebene Parameter:	- MIV-Anteil innerorts:	85 %
	- MIV-Anteil außerorts:	15 %
	- Kostensatz außerorts:	0,28 €/km
	- Kostensatz innerorts:	0,26 €/km
	- Besetzungsgrad PKW:	1,2

Ein für die NKA relevanter Teilindikator ist der monetarisierte Saldo zwischen den unterschiedlichen MIV-Verkehrsleistungen im Mit- und Ohnefall. Dabei wird zwischen dem MIV-Anteil außerorts und innerorts unterschieden wobei der jeweilige Anteil in der SB fixiert ist. Pauschal wird eine Verteilung von 15 % des MIV außerorts und 85 % innerorts angenommen. Die entsprechenden Anteile werden mit 0,28 €/km und 0,26 €/km monetarisiert. Zwischen dem Mit- und Ohnefall wird hinsichtlich dieser Aufteilung nicht unterschieden. Die täglichen PKW-Betriebsleistungen im Mit- und Ohnefall werden mit dem einheitlichen Besetzungsgrad 1,2 und mit 300 Werktagen für das Jahr berechnet. Die Einheitskostensätze nach Tabelle 3-7, Anhang 1 der Standardisierten Bewertung 2006 setzen sich wie folgt zusammen:

- 100 % Kraftstoff/Schmiermittelkosten
- 100 % Unterhaltungs- und Instandsetzungskosten
- jeweils 50 % Abschreibungs-, Verzinsungs-, Unterstell-, und sonstige Fixkosten

(ITP/VWI 2006, S. 66).

6.1.2 Abgasemissionen

Eingangsgröße(n):

- MIV Verkehrsleistung im Mit- und Ohnefall
- Saldo Betriebsleistung Bus
- Saldo Betriebsleistung Tram
- Saldo Betriebsleistung Stationshalte

vorgegebene Parameter: - CO₂-Kostensatz 231,00 €/t

Tabelle 6.1: Parameter Abgasemissionen

Verkehrsmittel		spezif. CO ₂ -Emissionen (g/km)	sonstige Schadstoffemissionen (€/km)
MIV innerorts		261,00	0,01
MIV außerorts		206,00	0,0033
BUS (Typ NL)			
spezif. Verbrauch (l Diesel/km) ¹	0,40		
CO ₂ -Emissionsfaktor (g/l Diesel) ²	3020,00		
Einheitskostensatz für sonst. Schadstoffemissionen (€/l Diesel) ³	11,00		
		(1 x 2) = 1208	(1 x 3) = 4,4
TRAM(Typ 2007) (streckenbezogen)			
Leermasse (t) ¹	32,90		
spezif. Endenergieverbrauch (kwh/1000 tkm) ²	42,00		
CO ₂ -Emissionsfaktor für elektr. Energie (g/kWh) ³	616,00		
Einheitskostensatz für sonst. Schadstoffemissionen (€/kWh) ⁴	0,00		
		(1 x 2 x 3 x 10 ⁻³) = 851,2	(1 x 2 x 4 x 10 ⁻³) = 0,415
TRAM(Typ 2007) (stationshaltbezogen)			
Leermasse (t) ¹	32,90		

6. E1 Teilindikatoren

spezif. Endenergieverbrauch je Stationshalt (kWh/1000t) ²	44,00		
CO ₂ -Emissionsfaktor für elektr. Energie (g/kWh) ³	616,00		
Einheitskostensatz für sonst. Schadstoffemissionen (€/kWh) ⁴	0,00		
		$(1 \times 2 \times 3 \times 10^{-3})$ = 891,7	$(1 \times 2 \times 4 \times 10^{-3})$ = 0,434

Quelle: ITP Intraplan Consult GmbH/WVI GmbH 2006, Standardisierte Bewertung von Verkehrsweginvestitionen des ÖPNV und Folgekostenrechnung Version 2006. Anlage 1.

Für die Ermittlung des Teilindikators „Abgasemissionen“ muss nach den einzelnen Verkehrsmitteln differenziert werden. Des Weiteren wird zwischen den CO₂-Emissionen und sonstigen Schadstoffemissionen unterschieden. Nach dem Verfahren der Standardisierten Bewertung werden die Salden der sonstigen Schadstoffemissionen direkt monetarisiert wohingegen die CO₂-Emissionen der einzelnen Verkehrsmittel im Sinne einer besseren Vergleichbarkeit zuerst in ihren originären Messgrößen ausgedrückt und im späteren Verlauf mit dem Faktor 231,00 €/t monetarisiert werden. Im Kostensatz für sonstige Schadstoffemissionen sind enthalten:

- Kohlenmonoxid
- Kohlenwasserstoff
- Stickoxide
- Schwefeloxide
- Feinstaub

(ITP/VWI 2006, S. 73).

6.1.3 Unfallschäden

Eingangsgröße(n):

- MIV Verkehrsleistung im Mit- und Ohnefall
- Saldo Betriebsleistung Bus
- Saldo Betriebsleistung Tram
- Saldo Betriebsleistung Stationshalte

vorgegebene Parameter:

Tabelle 6.2: Parameter Unfallschäden

Verkehrsmittel	Unfallraten			Sachschaden- kostenrate (T€ / Mio. km)
	Tote	Schwerverletzte	Leichtverletzte	
MIV innerorts	0,01	0,23	1,36	64,00
MIV außerorts	0,01	0,08	0,25	9,30
Bus	0,02	0,29	7,01	17,30
Tram	0,20	1,30	7,60	38,60
Kosten (T€/Pers)	1210,00	87,50	3,90	

Quelle: ITP Intraplan Consult GmbH/WVI GmbH 2006, Standardisierte Bewertung von Verkehrsweginvestitionen des ÖPNV und Folgekostenrechnung Version 2006. Anlage 1.

Der Teilindikator Unfallschäden resultierte aus der Summe der einzelnen Produkte Unfalleintrittswahrscheinlichkeit, abhängig vom Schweregrad des Unfalls (Tod, Schwerverletzte, Leichtverletzte) sowie vom Verkehrsmittel, dem Saldo der Betriebsleistungen und den Kosten je Schadensfall. Die Salden je Schadensfall pro Jahr werden entsprechend der Kostensätze monetarisiert und anschließend addiert (ITP/VWI 2006, S. 73).

6.1.4 Reisezeitdifferenzen

Eingangsgröße(n):	- ÖV-Nachfragematrizen für Mit- und Ohnefall - ÖV-Widerstandsmatrizen für Mit- und Ohnefall
vorgegebene Parameter:	- Kostensatz Zeitersparnis Schüler 2,00 €/h - Kostensatz Zeitersparnis Erwachsene 7,50 €/h

Hinweis: Bei der Berechnung sämtlicher Werte für den Teilindikator Reisezeitdifferenzen, wird zwischen den Mitfahrern „Erwachsene“ und „Schüler“ differenziert.

Die Reisezeitdifferenzen stellen einen weiteren für die KNA relevanten Teilindikator dar. Hierbei wird der gewonnene Nutzen aus den geschaffenen Reisezeitverkürzungen ermittelt. Dazu werden die vom Investitionsvorhaben betroffenen Verkehrsrelationen im Mit- und Ohnefall einzeln betrachtet. Die maßgebende Anzahl der für die Berechnung des Nutzens notwendigen Fahrten je Werktag und je betrachteter Verkehrsrelation wird mittels der „Rule of the Half“ bestimmt.

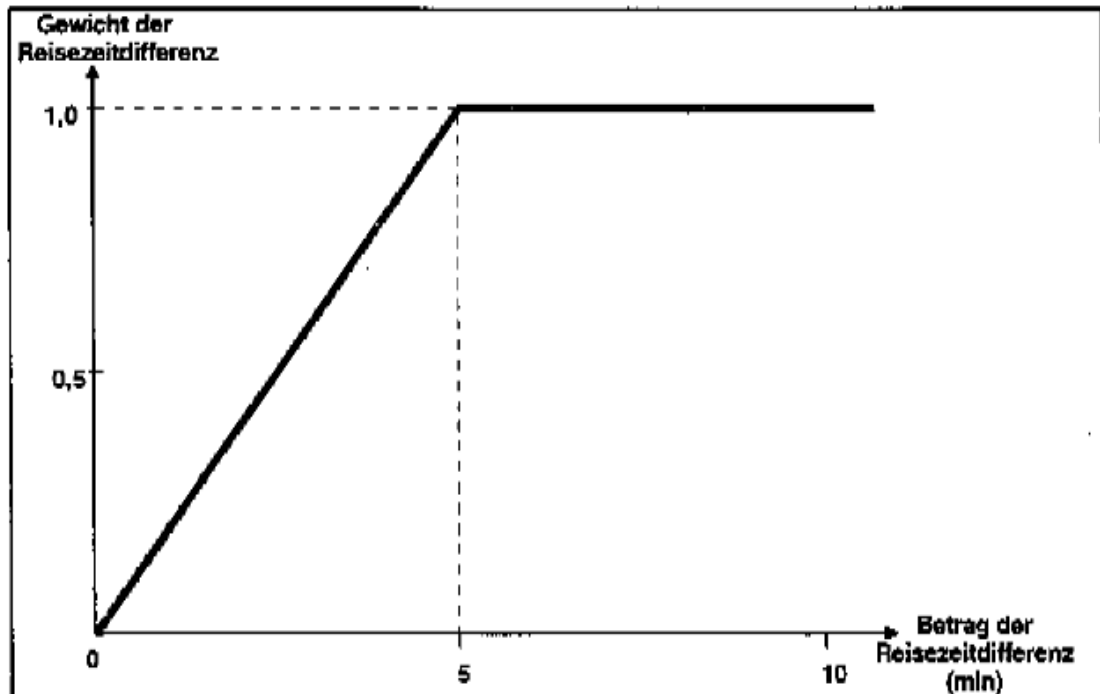
$$F_{ij, \text{maßg}, \text{ÖV}} = \frac{F_{ij, \text{ÖV}(m)} + F_{ij, \text{ÖV}(o)}}{2} \quad (6.1)$$

Mit diesem Verfahren möchte man der Tatsache Rechnung tragen, dass neben den „verbleibenden Fahrten“, also jenen Fahrten die sowohl im Ohne- als auch im Mitfall stattfinden, nun auch der Modal Shift im Mitfall berücksichtigt werden muss, dieser aber wiederum nicht pauschal von der maximalen Reisezeitdifferenz profitiert. Denn zum einen gibt es Verkehrsteilnehmer deren MIV Reisezeit nur minimal besser war als die ÖV Reisezeit im Ohnefall. Diese können die Reisezeitdifferenz im Mitfall nahezu komplett abschöpfen. Zum anderen jene deren MIV Reisezeit im Ohnefall kaum schlechter war als die im Mitfall des ÖV. Deren Vorteil fällt daher deutlich geringer aus. Diese zwei Extrema sollen durch die „Rule of the Half“ geglättet werden womit die Reisezeitverbesserung der zum ÖV verlagerten Mitfahrer in etwa die Hälfte der Reisezeitverbesserung im ÖV ist. Jede einzelne betroffene Verbindung wird je nach ihrer Reisezeitdifferenz einer „Klasse der Einzelzeitdifferenzen“ zugeordnet, welche mit unterschiedlicher Gewichtung in die Nutzenbewertung einfließen. Die summierten Reisezeitdifferenzen je Klasse werden wie folgt bestimmt:

$$\Delta t_k = \frac{\sum F_{ij, \text{ÖV}, \text{maßg}} \cdot \Delta t_{ij, \text{ÖV}}}{60} \quad (6.2)$$

Sehr kleine Einzelreisezeitdifferenzen können nur schwer vorteilig genutzt werden weshalb Differenzen mit einem Betrag kleiner 5 Minuten mit reduzierter Gewichtung in die Nutzenberechnung einfließen. Die Gewichtung erfolgt nach Abb. 6.3.

Abbildung 6.3: Gewichtung der Reisezeitdifferenzen



Quelle: Standardisierte Bewertung, 2006, S. 63.

Die aus jeder Klasse resultierenden, gewichteten Summen der Reisezeitdifferenzen werden addiert und differenziert nach Schülern und Erwachsenen auf ein Jahr umgelegt. Bei Schülern werden hierbei 250 Tage, bei Erwachsenen 300 Reisetage angesetzt (ITP/VWI 2006, S. 63 f.).

6.1.5 Kapitaldienst und Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur des ÖV im Mitfall

Eingangsgröße(n):	- Anlagentypen - Investitionskosten
vorgegebene Parameter:	- Nutzungsdauern - Endwerte - Unterhaltungskostensätze

Im Gegensatz zu den übrigen Teilindikatoren können für die Ermittlung des Kapitaldienstes in die ortsfeste Infrastruktur keine Einheitskostensätze herangezogen werden. Die örtlichen Gegebenheiten sind zumeist sehr unterschiedlich und müssen daher explizit bewertet werden, damit eine Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Infrastrukturprojekten gewährleistet werden kann. Der maßgebliche Preisstand für alle Investitionen ist hierbei das Jahr 2006, das Bezugsjahr der jüngsten Fassung der Standardisierten Bewertungsmethode. Dieser Indikator erfasst alle Baumaßnahmen, die für die Umsetzung des Mitfalls erbracht werden müssen. Die aus den Investitionen abgeleiteten Vorhaltungskosten setzen sich aus dem Kapitaldienst (Abschreibung und Verzinsung) sowie den Unterhaltungskosten zusammen. Der Kapitaldienst (*KD*) wird hierbei auf Basis der Annuitätenmethode, die jährlichen Unterhaltungskosten (*UK*) auf Basis eines prozentualen Anteils an der Nettoinvestitionssumme (*NIW*) berechnet. Als standardmäßige Verzinsung wird nach Tabelle 3-2, Anhang 1 der Standardisierten Bewertung ein Zinssatz von drei Prozent angenommen. Ebenso wird für die Berücksichtigung der Bauzeit ein mittlerer Aufzinsfaktor (*MAF*) meist unter der Annahme einer Drei-Prozent-Verzinsung errechnet. Grundsätzlich wird nach verschiedenen Anlagenteilen (*a*) der Baumaßnahme differenziert, wie zum Beispiel Signalanlagen oder Stellwerkseinrichtungen, und eine durchschnittliche Nutzungsdauer, die jährlichen prozentualen Unterhaltungskosten (*UKS*) und ein Endwert (*EW*) der Anlage ausgewiesen. Der Annuitätenfaktor (*AF*) berechnet sich aus der Nutzungsdauer.

Spezifischere Erläuterungen bei Sonderfällen sind in der Standardisierten Bewertung Version 6 in Abschnitt 3.2.3 „Investitionen und Vorhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur“ begründet, sind jedoch im späteren Betrachtungsbeispiel nicht relevant (ITP/VWI 2006, S. 66 ff.).

Rechnerisch ermitteln sich Kapitaldienst und Unterhaltungskosten pro Jahr wie folgt:

Kapitaldienst (*KD*) aus Abschreibungen und Verzinsung:

$$KD = \sum_{a=1}^A NIW \cdot AF + 0,03 \cdot EW \cdot MAF \quad (6.3)$$

$$MAF = \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot n} \quad (6.4)$$

(ITP/VWI 2006, Formelblatt 12m).

n Nutzungsdauer in Jahren

i Zinssatz

Unterhaltungskosten:

$$UK = \sum_{a=1}^A NIW \cdot UKS \quad (6.3)$$

(ITP/VWI 2006, Anhang 1, S. 13 f.).

6.1.6 Kapitaldienst und Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur des ÖV im Ohnefall

Der Kapitaldienst im Ohnefall beinhaltet diejenigen Investitionen, welche bei der Realisierung des Mitfalls nicht notwendig wären. Dies betrifft vor allem anfallende Maßnahmen aufgrund abgelaufener Nutzungsdauern. Entsprechend der Annuitätenmethode wird der Kapitaldienst der betroffenen Anlagenteile berechnet und vom Jahr der hypothetischen Investition auf das Bezugsjahr diskontiert. Ebenso werden die aktuellen Unterhaltungskosten benötigt, um sie denen des Mitfalls gegenüberzustellen. Der standardmäßige Zinssatz beträgt drei Prozent. Die Berechnungen erfolgen simultan zum Mitfall (ITP/VWI 2006, S. 66 ff.).

6.1.7 ÖV-Gesamtkosten

6.1.7.1 Personalkosten

Eingangsgröße(n):	- Umlaufzeiten im Mit- und Ohnefall - Anzahl der Umläufe/Jahr
vorgegebene Parameter:	Kostensätze nach Art des Personals: - Sicherheits- und Kontrollpersonal: 22,00 €/h - Fahrpersonal: 28,00 €/h

Aus den für die Ermittlung des Fahrzeugbedarfs berechneten Umlaufzeiten der einzelnen Verbindungen, lassen sich die Kosten für das Personal errechnen. Differenziert wird in der Standardisierten Bewertungsmethode dabei nach:

- Kosten für das Fahrpersonal
- Kosten für das Sicherheits- und Kontrollpersonal und
- Kosten für das örtliche Personal

(ITP/VWI 2006, S. 70).

Kosten für Fahrpersonal

Der in Tabelle 3-6, Anlage 1 der Standardisierten Bewertung (ITP/VWI 2006) vorgegebene Kostensatz enthält alle Lohnnebenkosten sowie anteilige Verwaltungsmeinkosten und stellt einen Durchschnittswert für das gesamte Fahrpersonal dar.

Kosten für Sicherheits- und Kontrollpersonal

„Die Festlegung der Einsatzstärke des Sicherheits- und Kontrollpersonals ist möglichst aufgrund bestehender Verkehrsverträge vorzunehmen. Für das Sicherheits- und Kontrollpersonal gilt ein gesonderter Stundensatz (vgl. Tabelle 3-6 in Anhang 1).“ (ITP/VWI 2006, S. 71).

6.1.7.2 Kapitaldienst für ÖV Fahrzeuge

Eingangsgröße(n):

- Fahrzeugbedarf Tram (inklusive Reserve)
- Fahrzeugbedarf Bus (inklusive Reserve)

vorgegebene Parameter:

- Nutzungsdauern

Ausschlaggebend für die Bestimmung des Kapitaldienstes hinsichtlich der benötigten ÖV-Fahrzeuge im Untersuchungsgebiet sind die Umlaufzeit, die Fahrtenfolgezeit sowie die Spitzenstunden an Werktagen. Um eine unnötige Komplexität in der vorliegenden Ausarbeitung an dieser Stelle zu vermeiden wird die Anzahl benötigter Fahrzeuge in der weiteren Untersuchung als gegeben vorausgesetzt. Durch die Annuitätenmethode, unter Beachtung des Zinssatzes und der Nutzungsdauern in Abhängigkeit des Fahrzeugtyps wird das jährliche Volumen an Abschreibungen und der Verzinsung ermittelt. Auf diese Weise wird sowohl im Mit- als auch im Ohnefall verfahren (ITP/VWI 2006, S. 69).

6.1.7.3 Energiekosten

Eingangsgröße(n):

- Saldo Betriebsleistung Bus
- Saldo Betriebsleistung Tram
- Saldo Betriebsleistung Stationshalte
- spezif. Gewicht Tram

vorgegebene Parameter:

- Kraftstoffkosten Diesel (Bus)	0,92 €/l
- Stromkosten Tram & Stationshalt	0,08 €/kWh
- spezif. Endenergiekostensätze Strecke	kWh/1000 tkm
- spezif. Endenergiekostensätze Stationshalt	kWh/1000t
- spezif. Kraftstoffverbrauch	l Diesel/km

Die in den ÖV-Gesamtkosten enthaltenen Energiekosten resultieren als Summe aus den Produkten von Laufleistung (in km/Jahr) je Transporttyp und den spezifischen

Energie- bzw. Kraftstoffkosten. Eine Ausnahme bilden die Energiekosten für die Stationshalte, da hier die spezifischen Energiekosten mit der Anzahl der Stationshalte/Jahr multipliziert werden (ITP/VWI 2006, S. 71).

6.1.7.4 Laufleistungsabhängige Unterhaltungskosten von ÖV-Fahrzeugen

Eingangsgröße(n):	- Saldo Betriebsleistung Bus	
	- Saldo Betriebsleistung Tram	
vorgegebene Parameter:	- spezif. Unterhaltungskostensatz Bus	€/km
	- spezif. Unterhaltungskostensatz Tram	€/km

(ITP/VWI 2006, S. 71 f.)

6.1.7.5 Zeitabhängige Unterhaltungskosten von ÖV-Fahrzeugen

Eingangsgröße(n):	- Fahrzeugbedarf Tram & Bus	(inkl. Reserve)
vorgegebene Parameter:	- spezif. Unterhaltungskostensatz Bus	€/Jahr
	- spezif. Unterhaltungskostensatz Tram	€/Jahr

Alle genannten Teilindikatoren, mit Ausnahme des „Kapitaldienstes für die ortsfeste Infrastruktur des ÖV im Mitfall“, fließen hinsichtlich des zu bildenden Nutzen-Kosten-Indikators (Nutzen-Kosten-Verhältnis) in den Zähler, also den Nutzen. Der Betrag des „Kapitaldienstes für die ortsfeste Infrastruktur des ÖV im Mitfall“ stellt die Kostenkomponente dar (ITP/VWI 2006, S. 72).

7. Sensitivitätsanalysen

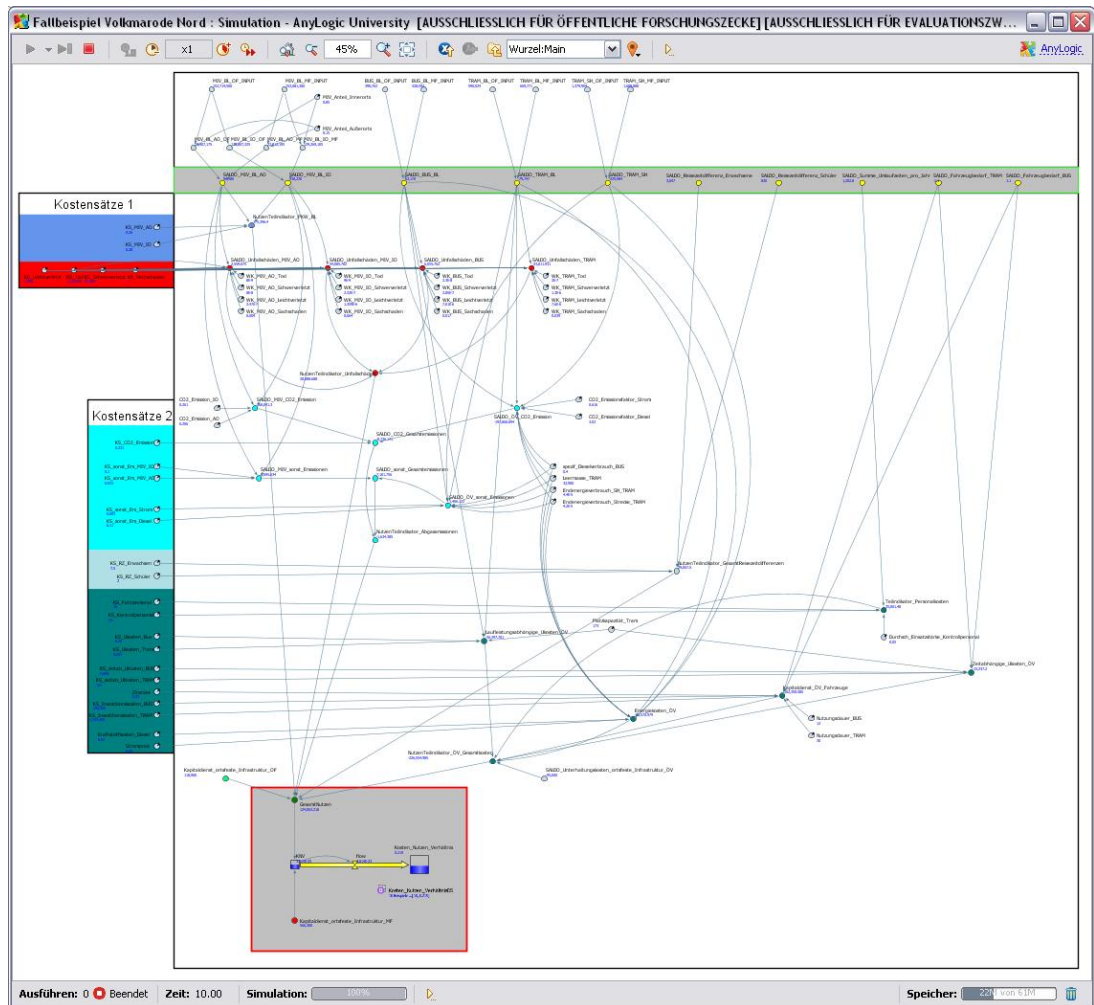
Neben den für eine Kosten Nutzen Untersuchung notwendigen Inputdaten, wie zum Beispiel die Verkehrsnachfrage im MIV oder ÖPNV, die sich projektspezifisch aus den lokalen Gegebenheiten ableiten, legt das Verfahren nach der Standardisierten Bewertungsmethode eine Vielzahl von Kostensätzen und anderen Parametern, wie beispielsweise Emissionswerte pro Kilometer fest. Diese haben oft einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf den entscheidenden Nutzen-Kosten-Indikator, können jedoch vom Anwender im Zuge des Verfahrens nicht beeinflusst werden. Zum einen dient dies einer besseren Vergleichbarkeit unterschiedlicher Projekte, zum anderen sollte dem Anwender jedoch bewusst sein, dass diese Werte zwangsläufig einer zeitlichen und meist auch konjunkturellen realen Variation unterliegen und hinsichtlich ihrer Aktualität gegebenenfalls geprüft werden sollten. Da die Variation von Inputwerten, wie zum Beispiel die Verlagerung des MIV, im Zuge mehrerer Bewertungsdurchläufe pro Projekt, zu meist sowieso stattfindet, widmet sich diese Arbeit der Untersuchung von fixierten Werten und veranschaulicht ihren Einfluss auf den Nutzen-Kosten-Indikator im vorliegenden Fallbeispiel der Stadtbahnverlängerung in Volkmarode Nord.

7.1 Betrachtung ausgewählter Parameter

Die Untersuchung der Parameter erfolgte mit Hilfe der Simulationssoftware Anylogic, speziell mit ihrer systemdynamischen Modellierungseinheit. Das Programm erlaubt eine visuelle und dynamische Darstellung von Verknüpfungen zwischen Inputdaten und Parametern. Es bietet zudem standardisierte Lösungen für die visuelle Ergebnisdarstellung welche aber vom Benutzer auf Basis der Programmiersprache JAVA angepasst werden können. Für ein grobes Verständnis der Programmstruktur zeigen die Abbildung A.5 und A.6 (siehe S. 64 f.) die verwendete Benutzeroberfläche bei der Bearbeitung des vorliegenden Fallbeispiels.

Die für die Modellierung übernommenen Werte basieren auf denen der Standardisierten Bewertung der Stadtbahnverlängerung Volkmarode Nord vom 18.10.2012 durch die ITP GmbH und die WVI GmbH. Als Grundlage für alle durchgeführten Sensitivitätsbetrachtungen, wurde ein Modell der Nutzen- und Kostenströme im Hinblick auf die Stadtbahnverlängerung in Volkmarode Nord erstellt (vgl. Abb. 7.1).

Abbildung 7.1: Simulation Fallbeispiel Stadtbahnverlängerung



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Anylogic

Die Auswahl der sensitivitätsbetrachteten Parameter erfolgte in Abstimmung mit dem betreuenden Institut für Verkehrssystemtechnik am DLR in Braunschweig und umfasst die Folgenden:

- PKW-Betriebskosten innerorts und außerorts
- Kraftstoffpreis für Diesel
- CO₂-Emissionsfaktor für elektrische Energie
- CO₂-Emissionsfaktor für PKW innerorts und außerorts
- Personalkosten (Fahr- und Kontrollpersonal)
- Sonderfall: veränderte Streckenführung

7.1.1 Parameter: spezifische Betriebskosten von PKWs innerorts und außerorts

Nach der Standardisierten Bewertung (2006, S. 66) Abschnitt 3.2.2, „Eingesparte PKW-Betriebskosten“, setzen sich die Betriebskosten für PKWs wie folgt zusammen:

- 100% Kraftstoff- und Schmiermittelkosten
- 100% Unterhaltung und Instandsetzung (Werkstattkosten)
- 50% Kosten für Abschreibung, Verzinsung und Unterstellung
- 50% sonstige Fixkosten (Wagenpflege, Versicherung, TÜV-Untersuchung etc.)

der jährlichen, durchschnittlichen um die MWST bereinigten Kosten pro Kilometer.

Für eine Sensitivitätsbetrachtung dieses Parameters wurden Daten auf Basis der Studie „ADAC Autokosten 2016“ (ADAC 2016) herangezogen. In dieser listet der ADAC für 9000 Neuwagen-Modelle den Wertverlust, Fixkosten, Betriebskosten sowie Werkstatt- und Reifenkosten. Dort sind ebenso die einzelnen Faktoren der Kostenermittlung präzisiert auf welche hier nicht näher eingegangen wird. Auf Grundlage dieser Erhebung und unter Anwendung des Gewichtungsschemas nach der SB wird im Folgenden ein gemittelter, aktueller Kostensatz für PKWs erstellt. Bei der Datenerhebung geht der ADAC von einer durchschnittlichen Laufleistung von 60.000 Kilometern und einer vierjährigen Verwendung des Autos aus. Dies entspricht einer monatlichen Laufleistung von 1.250 Kilometern. Die folgenden durchschnittlichen Angaben resultieren aus den Durchschnittswerten von 1.400 aktuellen PKWs.

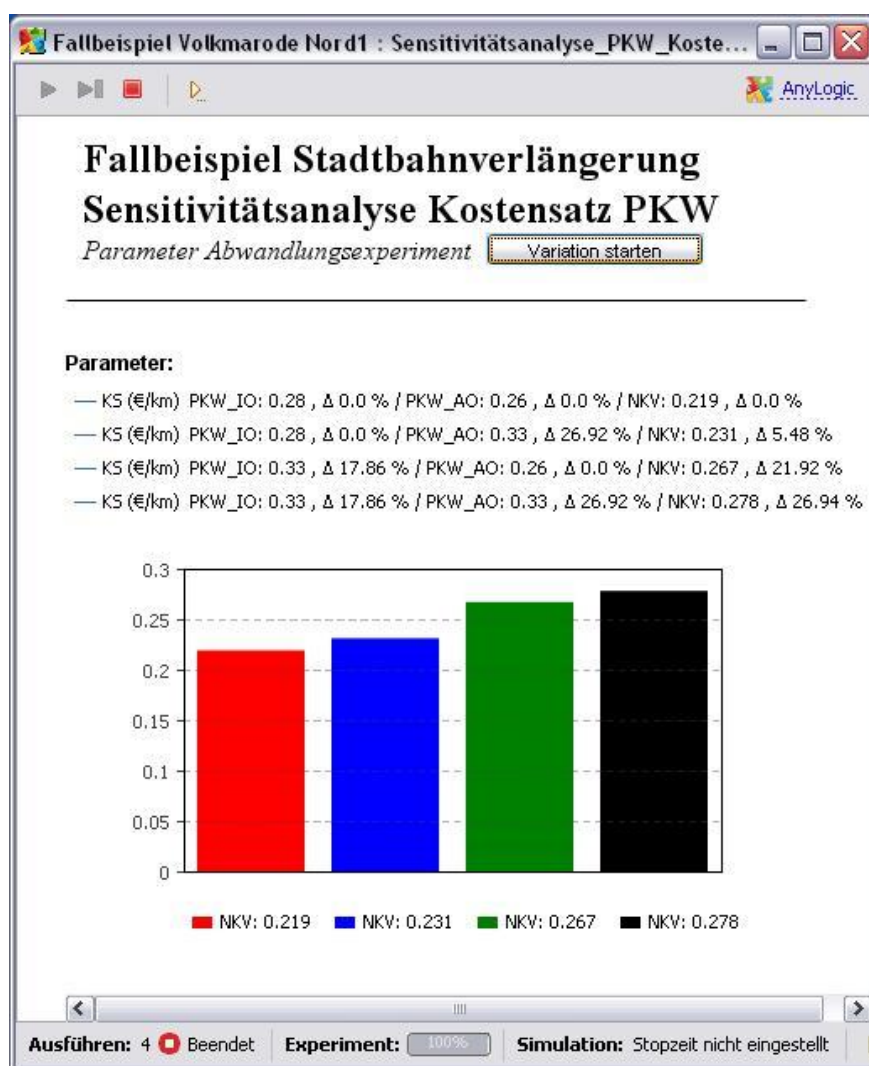
Variation Parameter:

Ermittelt auf Basis der ADAC Autokostenstudie 2016:

- 100 % Betriebskosten: 0,09 €/km
- 100 % Werkstatt-/Reifenkosten: 0,06 €/km
- 50 % Fixkosten: 0,05 €/km
- 50 % Wertverlust: 0,19 €/km
- = 0,39 €/km
- pauschale Bereinigung MWST (19 %)
- = 0,33 €/km

Für die Ermittlung der Betriebskosten wird eine Fahrweise nach dem EU-Fahrzyklus³ angenommen weshalb eine Differenzierung zwischen inner- und außerstädtischen MIV nicht möglich ist und die oben angeführten neu generierten Betriebskosten als Wert für beide MIV-Bereiche, also den inner- und außerstädtischen MIV verwendet werden. Der Einfluss der neuen PKW-Betriebskosten auf den Nutzen-Kosten-Indikator im Fallbeispiel Volkmarode Nord wird durch Anylogic wie folgt veranschaulicht (vgl. Abb. 7.2).

Abbildung 7.2: Sensitivitätsbetrachtung PKW-Betriebskosten



Quelle: eigene Berechnungen

³ Hinsichtlich Zeit, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Temperatur und weiterer Parameter normiertes Testverfahren für PKWs auf einem Rollenprüfstand. (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland 2014)

Resultat:

Eine Erhöhung des Kostensatzes für die innerstädtischen PKW-Kosten um 17,86 % und der außerstädtischen PKW-Kosten um 26,92 % auf jeweils 0,33 €/km würden im Fall der Stadtbahnverlängerung in Volkmarode zu einer Steigerung des Nutzen-Kosten-Faktors um 26,94 % auf 0,278 führen.

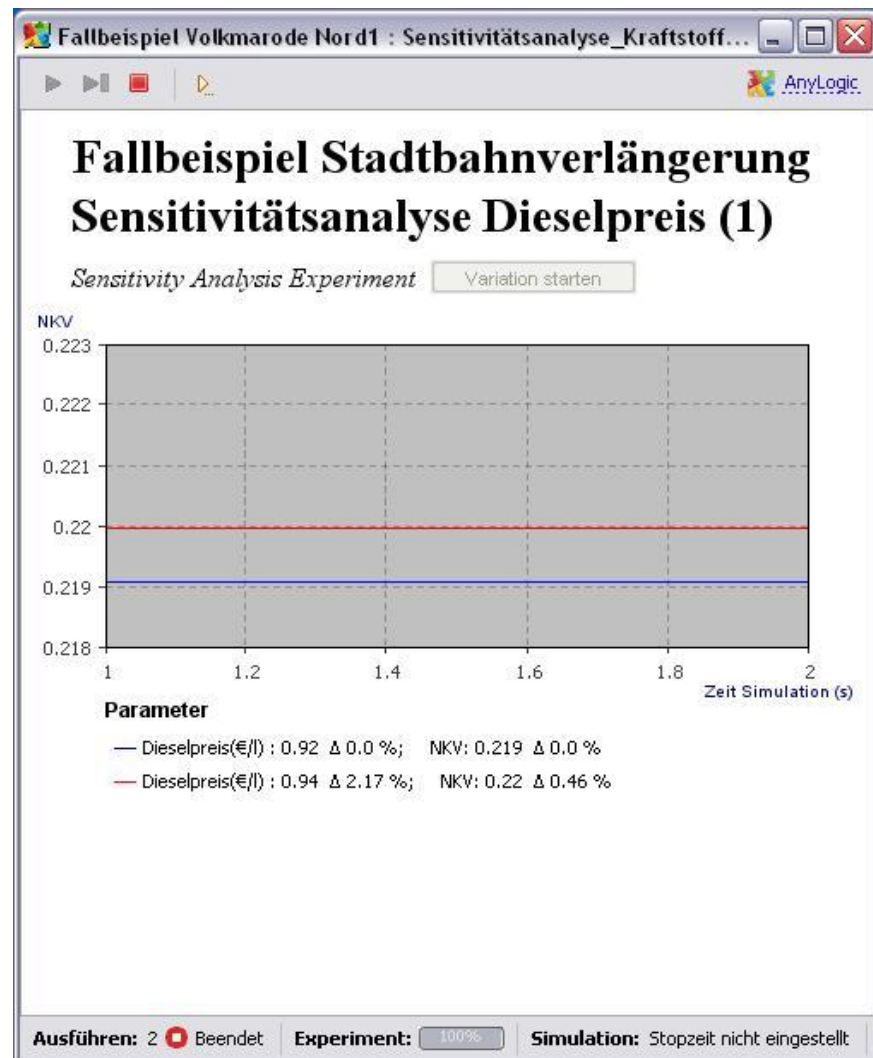
7.1.2 Parameter: Kraftstoffpreis von Diesel für den ÖV

Der für Transportmittel mit Verbrennungsmotoren relevante Kostensatz für Diesel wird nach der SB für die Bestimmung der Energiekosten im ÖV mit 0,92 €/l angegeben. Hier soll eine weitere Parametervariation stattfinden. Auf Grundlage von Daten des Statistischen Bundesamtes über die jährlichen durchschnittlichen Preise für Dieselmotorkraftstoff bei Großverbrauchern (siehe Abbildung A.7, S. 66), wurde ein Durchschnittspreis für zwei Zeiträume erstellt und in eine Sensitivitätsbetrachtung implementiert.

Variation Parameter:

- Kraftstoffpreis für Diesel zwischen 2002 und 2015 im Durchschnitt: 0,94 €/l

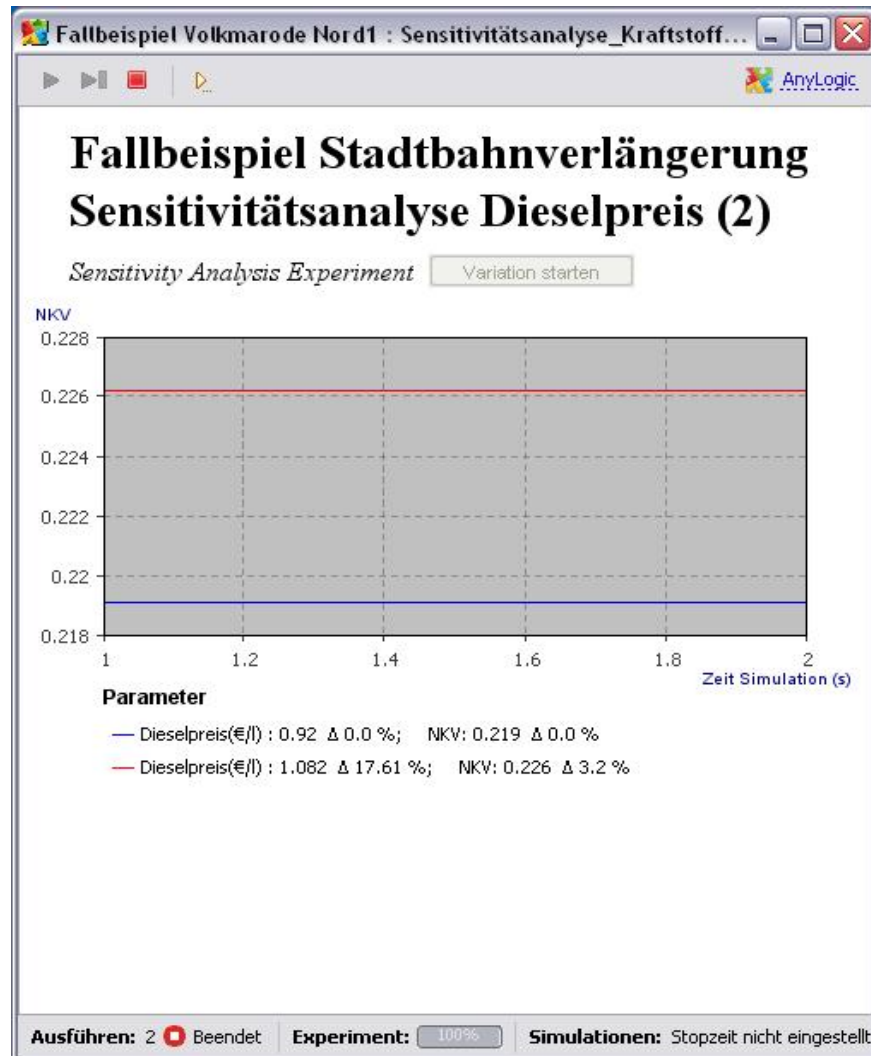
Abbildung 7.3: Sensitivitätsbetrachtung Kraftstoffpreis Diesel (1)



Quelle: eigene Berechnungen

- Kraftstoffpreis für Diesel zwischen 2011 und 2015 im Durchschnitt: 1,082 €/l

Abbildung 7.4: Sensitivitätsbetrachtung Kraftstoffpreis Diesel (2)



Quelle: eigene Berechnungen

Resultat:

Eine Erhöhung des Kraftstoffpreises für Diesel von 0,92 €/l auf 0,94 (vgl. Abb. 7.3) €/l bzw. 1,082 €/l (vgl. Abb. 7.4) führt zu einer Zunahme des Nutzen-Kosten-Verhältnisses von 0,46 % bzw. 3,2 % auf 0.22 bzw. 0.226.

7.1.3 Parameter: CO₂-Emissionsfaktor für elektrische Energie im ÖV und den MIV

Für die Ermittlung des Nutzeileindicators Abgasemissionen werden der CO₂-Emissionsfaktor für elektrische Energie, Dieselkraftstoff und den MIV benötigt. Ersteren gibt die SB mit 0,616 kg/kWh an. Das Umweltbundesamt gibt in der Studie „Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2015“ (2016, S. 6, Tabelle 1) den „CO₂-Emissionsfaktor Strommix“ für 2015 mit 0,535 kg/kWh für den Endverbraucher an.

Für den MIV gibt die SB im innerstädtischen Bereich einen CO₂-Emissionsfaktor von 0,261 kg/PKW-km an sowie 0,206 kg/PKW-km für den außerstädtischen Bereich. Auf Basis des EU-Fahrzyklus ermittelte die DEKRA (2016) folgende Emissionsfaktoren:

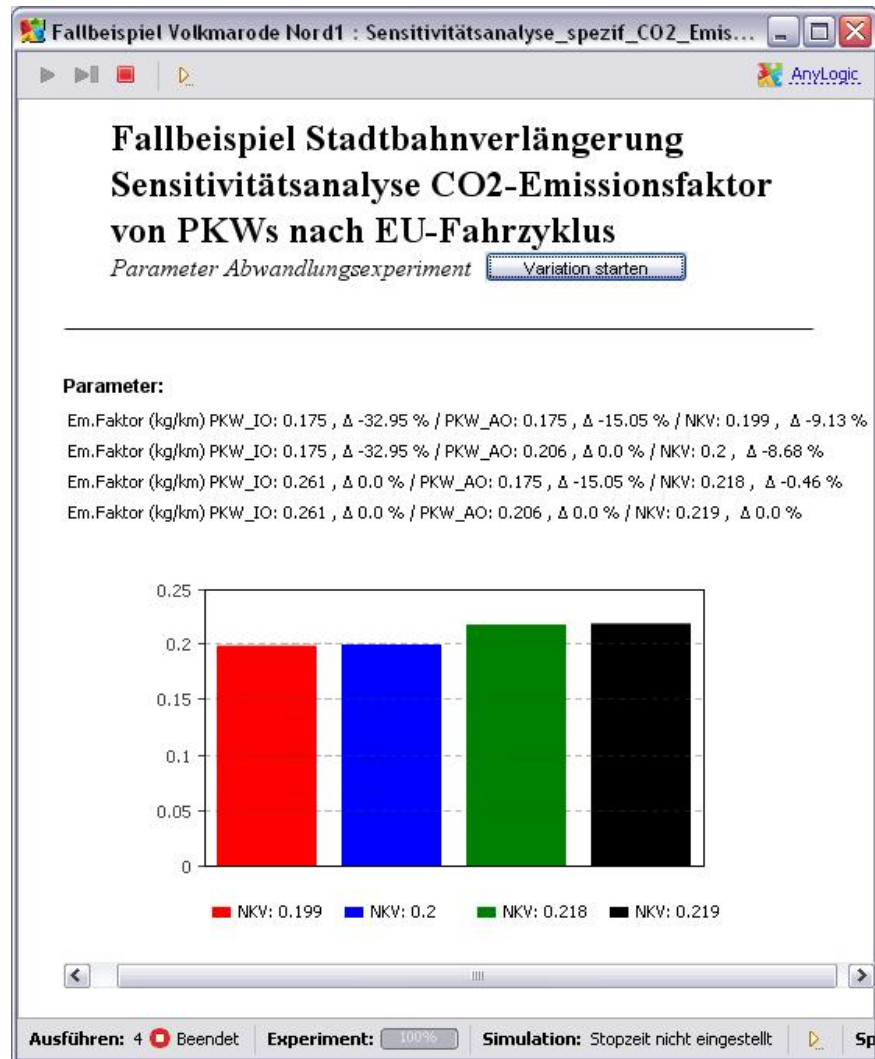
- Kleinwagen (Benzin 5,9l/100km): 0,14 kg/km
- Mittelklassewagen (Diesel 6,8l/100km): 0,18 kg/km
- Geländewagen (Benzin 10l/100km): 0,235 kg/km

Für eine Sensitivitätsbetrachtung (vgl. Abb. 7.5) wurde ein Mittelwert mit der Gewichtung Kleinwagen 40%, Mittelklassewagen 40% und Geländewagen 20% gebildet.

Variation Parameter:

- CO₂-Emission PKW innerorts und außerorts von 0,261 kg/km bzw. 0,206 kg/km auf 0,175 kg/km.

Abbildung 7.5: Sensitivitätsbetrachtung CO₂-Emissionsfaktor PKW



Quelle: eigene Berechnungen

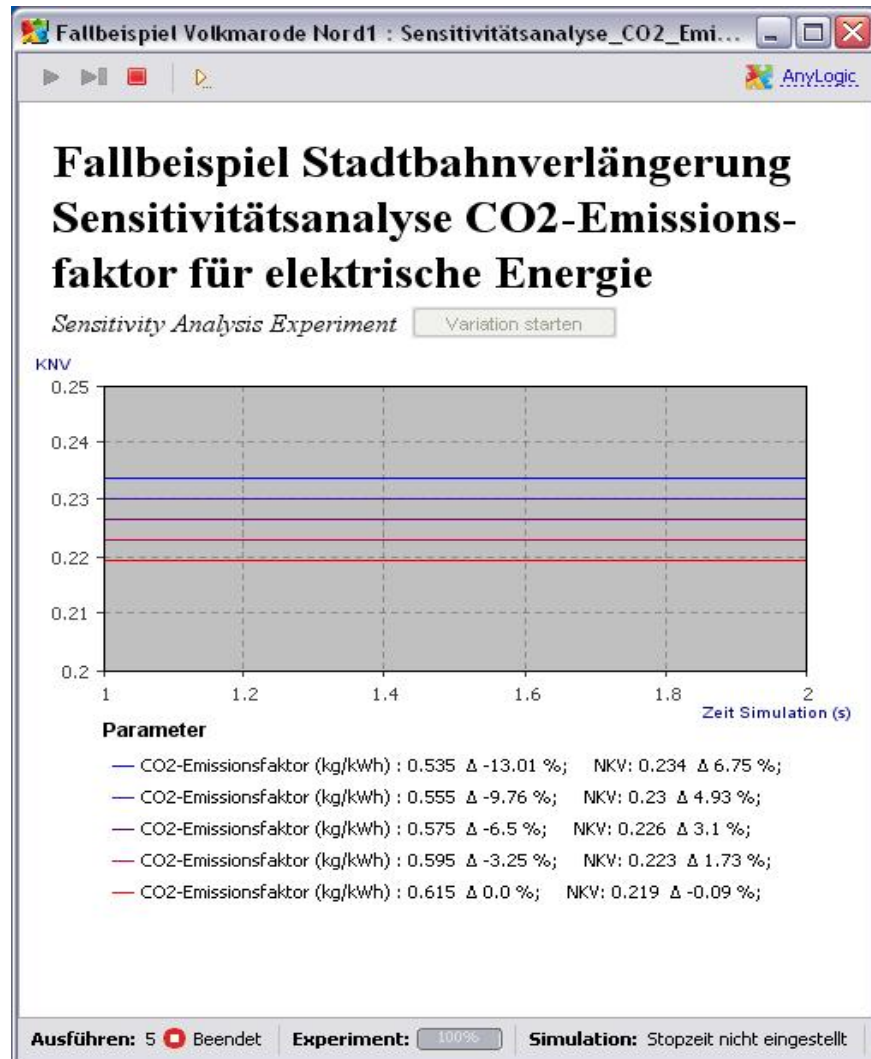
Resultat:

Die Reduzierung des CO₂-Emissionsfaktors auf 0,175 kg/km für den außer- und innerstädtischen Bereich resultieren in einer Reduzierung des Nutzen-Kosten-Faktors um 9,13 % auf 0,199.

Variation Parameter:

- CO₂-Emissionsfaktor für elektrische Energie mit stufenweiser Anhebung von 0,535 kg/kWh auf 0.615 kg/kWh.

Abbildung 7.6: Sensitivitätsbetrachtung CO₂-Emissionsfaktor elektr. Energie



Quelle: eigene Berechnungen

Resultat:

Die Reduzierung des CO₂-Emissionsfaktors für elektrische Energie auf 0,535 kg/KWh führt zu einer Zunahme des Nutzen-Kosten-Verhältnisses um 6,75 % auf 0,234 (vgl. Abb. 7.6). Der von der Standardisierten Bewertung verwendete CO₂-Emissionsfaktor für einen Liter Diesel von 3,02 kg/l deckt sich weiterhin mit aktuellen Angaben und wird daher nicht variiert (Umweltbundesamt 2016).

7.1.4 Parameter: Personalkosten

Die von der Standardisierten Bewertungsmethode festgelegten Kostensatz von 28,00 €/h für Fahrpersonal und 22,00 €/h für Kontroll- und Sicherheitspersonal sind nach Rücksprache mit der Gewerkschaft ver.di und unter Berücksichtigung aller Lohnzulagen im deutschlandweiten Mittel relativ nachvollziehbar. Betrachtet man aber die jüngsten Änderungen im Personenbeförderungsgesetz (PBefG), so könnten diese Beträge in naher Zukunft fallen. Seit 2009 gilt bei der Vergabe von Verkehrsverträgen im straßengebundenen öffentlichen Personennahverkehr auf Basis der Verordnung (EG) Nr. 1370/2007 Europäisches Recht (Europäisches Parlament und Rat 2007).

Diese Änderungen wurden in Deutschland im Jahr 2013 durch entsprechende Anpassungen (§ 8a PBefG) im PBefG implementiert. Während die EU-Verordnung zur Vermeidung von Niedriglöhnen es prinzipiell ermöglicht die Anwendung von Tarifverträgen und die Übernahme von Beschäftigten seitens eines neuen Betreibers zu verlangen, wurde im PBefG im Falle von „eigenwirtschaftlichen Anträgen“ für den Betrieb des ÖPNV auf diese Schutzmechanismen verzichtet. Da eigenwirtschaftliche Anträge zur Unterhaltung des ÖPNV gegenüber öffentlichen, gemeinwirtschaftlichen Verkehrsmitteln seit der Änderung des PBefG im Jahr 2013 jedoch Vorrang genießen, ist die Möglichkeit von fallenden Löhnen durchaus gegeben. Im Klartext heißt dies, dass im Falle der eigenwirtschaftlichen Unterhaltung des ÖPNV die Kommunen keine sozialen Standards mehr vorgeben können und die in vielen Bundesländern geltenden Tariftreuegesetze nicht mehr zum Tragen kommen. Durch die mit der eigenwirtschaftlichen Betriebsweise wegfallenden kommunalen Subventionen müssen die Kosten für die Leistungen im Nahverkehr durch die neuen Betreiber, mit Ausnahme von Ausgleichszahlungen, vollständig am Markt erwirtschaftet werden. Dabei soll das Verkehrsangebot jedoch auch keine Verschlechterungen erfahren. Laut ver.di betragen die Personalkosten zwischen 50-60 % der Gesamtkosten im kommunalen Nahverkehr. Das größte Einsparpotential dürfte also hier liegen (ver.di 2016).

Als erstes größeres Beispiel ist in diesem Kontext die beschlossene Privatisierung des Pforzheimer ÖPNV ab 2017 zu erwähnen. Von da an wird die Bahntochter „RVS“ den eigenwirtschaftlichen Betrieb des lokalen ÖPNV übernehmen (Der Neue Kämmerer 2016). Ebenso, wenn auch noch nicht so weit fortgeschritten, ist die Situation in Hildesheim. Hier wird im kommenden Jahr die Bahn-Tochter „DB Regio Bus“ einen Antrag auf eigenwirtschaftlichen Betrieb stellen. Die aktuelle Geschäfts-

führung des momentan operierenden ÖPNV-Betreibers „SVHI“ in Hildesheim prognostiziert im Falle einer Ablösung durch die „DB Regio Bus“ eine Absenkung des Lohnniveaus (Hildesheimer Allgemeine Zeitung 2016).

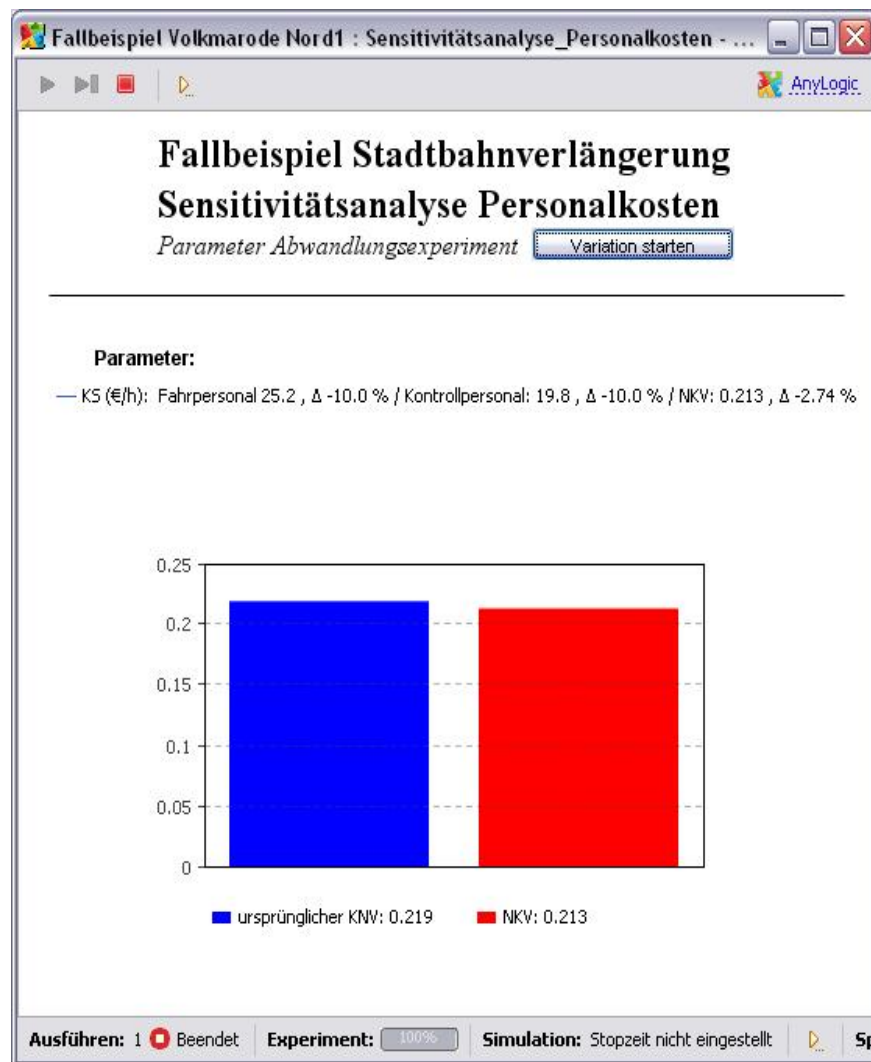
Selbstverständlich sind Angaben wie diese mit Vorsicht zu interpretieren und fußen nur selten auf ausschließlich objektiven Berechnungen zumal es sich hierbei um Prognosen handelt. Dennoch möchte ich der Hypothese von fallenden Personalkosten im deutschlandweiten ÖPNV nachgehen und dieses Szenario mit einer Parametervariation abbilden.

Variation Parameter:

Die Annahme ist eine Reduzierung der Personalkosten um zehn Prozent (vgl. Abb 7.7).

- Kostensatz für Fahrpersonal auf von 28,00 €/h auf 25,20 €/h
- Kostensatz für Sicherheits- und Kontrollpersonal von 22,00 €/h auf 19,80 €/h

Abbildung 7.7: Sensitivitätsbetrachtung Personalkosten



Quelle: eigene Berechnungen

Resultat:

Würden die Personalkosten für Fahr-, Kontroll- sowie Sicherheitspersonal um 10 % fallen, würde dies im Fallbeispiel eine Reduzierung des NKV um 2,74 % auf 0,213 verursachen.

7.1.5 Übersicht der gesamten Variationsausprägungen

Tabelle 7.1: Gesamtvariation der Parameter

Parameter	Werte SB	variiertes Wert	NKV
PKW-Betriebskosten	0,26 / 0,28 (€/km)	0,33 (€/km)	↑
Dieselpreis (Großabnehmer)	0,92 (€/l)	0,942 / 1,082 (€/l)	↑
CO2-Emissionsfaktor (Strom)	0,615 (kg/kWh)	0,535 (kg/kWh)	↓
CO2-Emissionsfaktor (MIV)	0,261 / 0,206 (kg/km)	0,175 (kg/km)	↓
Personalkosten	28,00 / 22,00 (€/h)	25,20 / 19,80 (€/h)	↓
	ursprüngliches KNV	neues KNV	
Alle obigen Parameter	0,219	0,34	↑

Quelle: eigene Berechnungen

7.1.6 Gesamtvariation

In diesem Szenario werden alle betrachteten Parameter nacheinander um zehn Prozent variiert (vgl. Abb. 7.8). Dabei werden die folgenden Parameter entsprechend der oben bestimmten Tendenzen um zehn Prozent erhöht

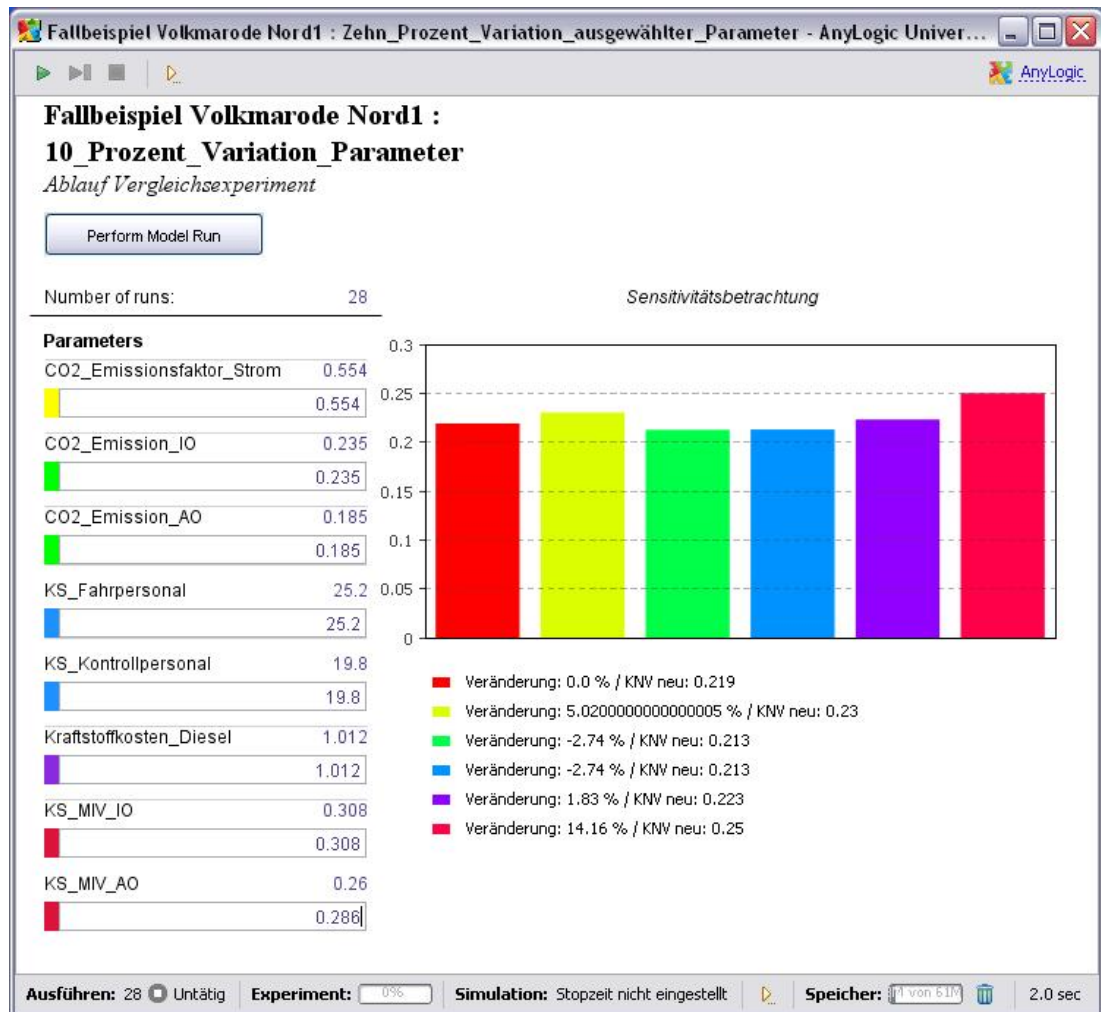
- Kraftstoffkosten für Diesel
- PKW-Betriebskosten innerorts
- PKW-Betriebskosten außerorts

sowie folgende Parameter

- CO2-Emissionsfaktor für elektrische Energie
- Kosten für Fahrpersonal
- Kosten für Kontrollpersonal
- CO₂-Emission im MIV außerorts
- CO₂-Emission im MIV innerorts

um zehn Prozent reduziert.

Abbildung 7.8: Zehn Prozent Variation aller Parameter



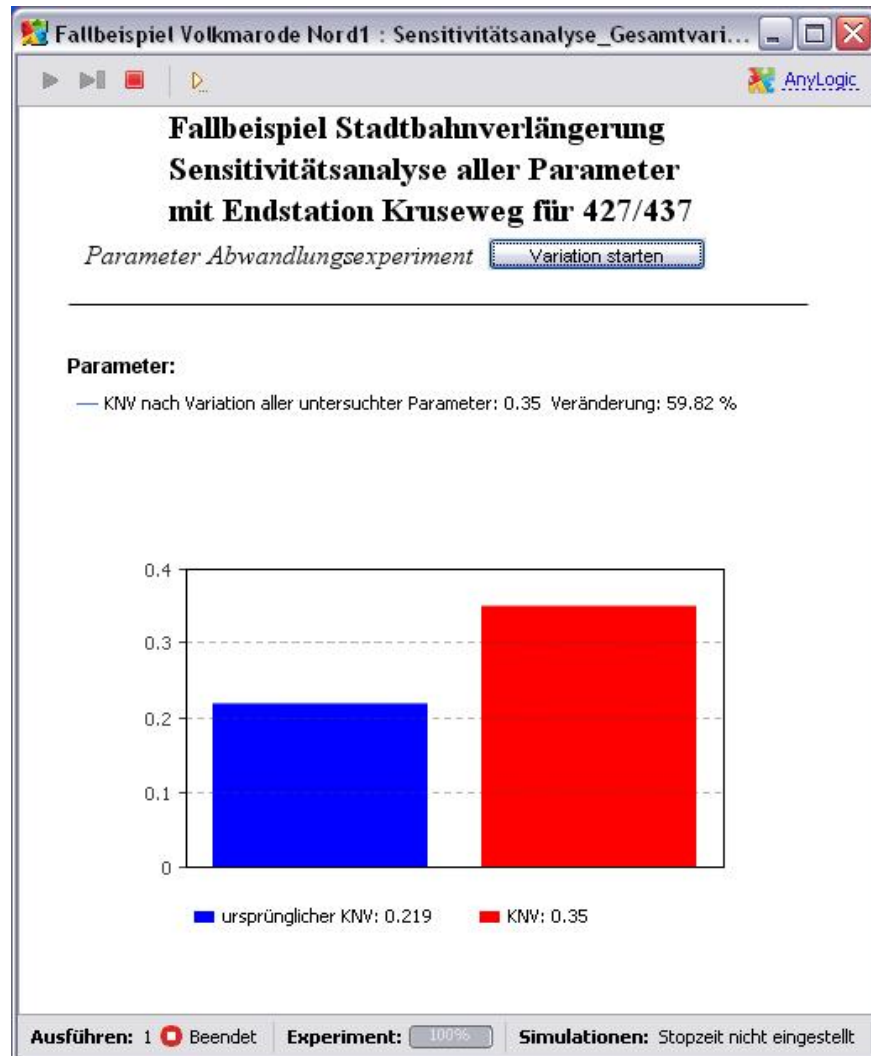
Quelle: eigene Berechnungen

7.1.7 Sonderfall: Endstation Buslinien 427 und 437 an Haltestelle Kruseweg

Im veranschlagten Mitfall herrscht zwischen der Haltestelle Ziegelwiese und Kruseweg ein Parallelverkehr zwischen den Buslinien 427, 437 und der Stadtbahnlinie M3. Eine andere Planungsvariante wäre die Einrichtung einer Endstation für die Linien 427 und 437 an der Haltestelle Kruseweg. Reisende mit Zustieg am Haltepunkt Ziegelwiese mit Zielen in Richtung Boxdorf/Cremlingen/Weddel müssten in diesem Fall an der Haltestelle Kruseweg umsteigen. Jedoch könnten durch diese Maßnahme jährlich etwa 4424 Buskilometer gespart werden sofern man eine Streckenlänge von 350 Metern zwischen Kruseweg und Ziegelwiese annimmt. Die Stadtbahnlinie M3 könnte den zusätzlichen Personenverkehr bei der nur geringen Querschnittsbelastung von 700 Personenfahrten je Werktag (Summe aus Richtung und Gegenrichtung) auffangen.

Auswirkungen auf den Modal-Split und die Reduzierung von Investitionskosten in die ortsfeste Infrastruktur wurden hierbei vernachlässigt. Folgendes Nutzen-Kosten-Verhältnis wird unter Beibehaltung der originalen Parameter und nach veränderter Streckenführung generiert:

Abbildung 7.9: Sensitivitätsbetrachtung Kruseweg



Quelle: eigene Berechnungen

7.2 Auswertung

Mit Hilfe der durchgeführten Sensitivitätsbetrachtungen auf Basis recherchierter und zu Grunde gelegter Referenzwerte, konnten unterschiedliche Sensitivitäten des Nutzen-Kosten-Indikators identifiziert werden. Auffällig ist unter anderem der Einfluss der PKW-Betriebskosten. Er generiert eine Änderung des NKV von 27 % bei einer eigenen gewichteten (innerorts bzw. außerorts) Variation von 19,22 %. Auch bei der abwechselnden Variation aller Parameter um 10 % erzeugen die PKW-

Betriebskosten einen um 14 % erhöhten NKV. Damit hat er den größten Einfluss aller betrachteten Parameter. An zweiter Stelle folgt der Einfluss des Parameters *CO₂-Emissionsfaktor für elektrische Energie* (Strom) mit Erhöhung des NKV um 5 % bei einer Reduzierung um wiederum 10 %. Am wenigsten Einfluss nimmt der Kraftstoffpreis für Benzin da seine Anhebung um 10 % den Nutzen-Kosten-Faktor lediglich um 2,74 % reduziert. Es ist hier jedoch zu berücksichtigen, dass der Parameter PKW-Betriebskosten von der Variation des Dieselpreises unberührt blieb.

8. Fazit

Im Rahmen dieser Abschlussarbeit wurde in Kooperation mit dem DLR die Standardisierte Bewertung als Bewertungsverfahren für Investitionsvorhaben im ÖPNV untersucht. Im Hinblick der Forschungsarbeit des Instituts für Verkehrssystemtechnik am DLR nach alternativen Bewertungsansätzen gilt es in erster Linie vorhandene Bewertungsansätze näher zu beleuchten und anhand dieser Verbesserungspotentiale zu erkennen. In der vorliegenden Arbeit wurden grundsätzliche Komponenten wie die Entscheidungstheorie und gängige Bewertungsverfahren beleuchtet sowie im Weiteren anhand des Fallbeispiels der Stadtbahnverlängerung in Braunschweig Volkmarode Nord eine Standardisierte Bewertung durchgeführt. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf den statischen Einsatz ausgewählter Kostensätze gelegt. Diese wurden unter zur Hilfenahme von Sensitivitätsbetrachtungen hinsichtlich ihres Einflusses auf den für die Entscheidungsfindung ausschlaggebenden Nutzen-Kosten-Faktor untersucht. Die Sensitivitätsanalysen sowie die Bewertung des Investitionsvorhabens selbst fanden auf Basis der Simulationssoftware Anylogic statt wodurch Anpassungen und Modifizierungen des vorliegenden Falls bei weiteren Untersuchungen schnell und einfach möglich sind.

Die Auswertung der Ergebnisse liefert die Erkenntnis, dass einzelne Parameter unter einer Variation von zehn Prozent den Nutzen-Kosten-Indikator bis zu knapp 15 % Prozent beeinflussen können. Da das Resultat der Standardisierten Bewertung mitunter über den Einsatz größerer finanzieller Mittel entscheidet, sollten vor allem jene Parameter mit vergleichbarem Einfluss besonders präzise sein. Betrachtet man zudem den Zeitraum der zwischen der aktuellen Version der SB aus dem Jahr 2006 und heute liegt, so ist zu hinterfragen, ob die Durchführung einer SB die Konsequenzen einer Investition noch ausreichend realistisch abbildet. Eine grundlegende Empfeh-

lung für die Anwendung bzw. Etablierung einer neuen Version der SB wäre ein dynamisches, jährliches Fortschreiben ausgewählter Kostensätze und anderer Parameter wie beispielsweise von Emissionswerten. Des Weiteren könnte ein Ausschluss von schwer prognostizierbaren Parametern in Betracht gezogen werden. Dennoch muss weiter berücksichtigt werden, dass die SB nur in so Fern modifiziert werden sollte, als dass sie noch als Bewertungsverfahren unter der Prämisse der interregionalen Vergleichbarkeit einsetzbar ist.

Anhang

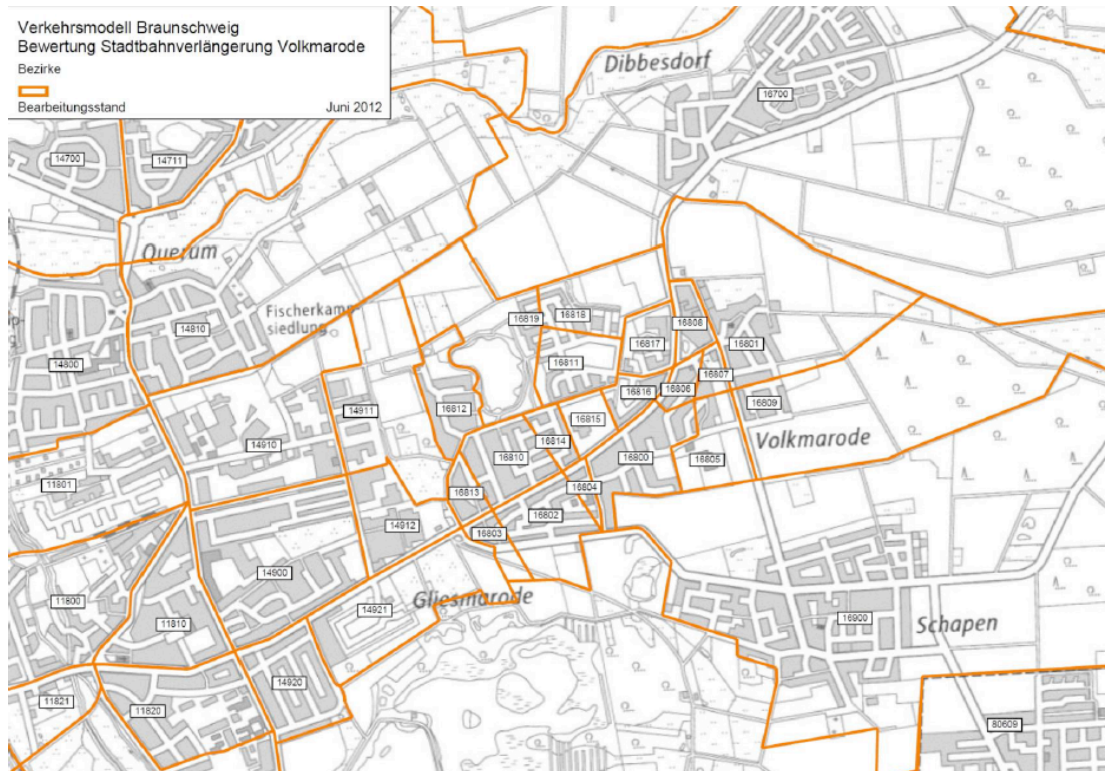
A. Abbildungen

A.1 Indikatoren der Standardisierten Bewertung

Teilindikator	Dimension der originären Messgröße	Relevant für Indikator		
		E1	E2	V
ÖV-Reisezeitdifferenz	h/Jahr	x	x	
Saldo PKW-Betriebskosten	T€/Jahr	x	x	
Saldo Kapitaldienst ortsfeste Infrastruktur	T€/Jahr	x	x	
Saldo der Unterhaltungskosten für ortsfeste Infrastruktur	T€/Jahr	x	x	
Saldo sonstige ÖV-Kosten		x	x	
Saldo CO2-Emissionen	t/Jahr	x	x	
Bewertung des Saldos für Schadstoffemissionen	T€/Jahr	x	x	
Saldo der Unfallschäden				
- Tote	Personen/Jahr	x		
- Schwerverletzte	Personen/Jahr	x		
- Leichtverletzte	Personen/Jahr	x		
- Sachschäden	T€/Jahr	x		
Geräuschbelastung	Anzahl gewichtete Einwohner	x	x	
Differenz des Indizes der ÖV-Erreichbarkeiten				
- von Stadtzentren	1000 x Einwohner x min		x	
- von Stadtteilzentren	1000 x Einwohner x min		x	
Saldo Primärenergieverbrauch	GJ/Jahr		x	
Saldo Flächenbedarf				
- innerorts	ha			x
- außerorts	ha			x
Betriebsqualität / Pünktlichkeit	verbal erfasst			x
Auswirkungen auf den Bedienungskomfort	verbal erfasst			x
Auswirkungen auf Wasserschutzgebiete	verbal erfasst			x
Auswirkungen auf Natur- und Landschaftsschutzgebiete	verbal erfasst			x
Lage der Strecke entlag von Entwicklungsachsen	verbal erfasst			x
Auswirkungen auf das Landschaftsbild	verbal erfasst			x
Auswirkungen auf Freizeit- und Naturerholungsgebiete	verbal erfasst			x
Trennwirkungen	verbal erfasst			x
Auswirkungen auf die regionale Wirtschafts- und Sozialstruktur	verbal erfasst			x
Auswirkungen auf das Stadtbild	verbal erfasst			x

Quelle: ITP/VWI 2006. Standardisierte Bewertung für Verkehrsweeinvestitionen im ÖPNV und Folgekostenrechnung. Tabelle 4-1. S. 81.

A.2 Verkehrszelleneinteilung Volkmarode Nord



Quelle: ITP Intraplan Consult GmbH/WVI GmbH 2012. Abschlussbericht Stadtbahnverlängerung Volkmarode Nord 2012. S. 6.

A.3 Verkehrsangebot im Ohnefall (2025)

Linien-num-mer	Laufweg	Fahrzeit einfach in Minuten	Kilometer einfach	HVZ-Takt in Minuten	Anzahl Fahrten je Tag und Richtung		
					WT5	Sa	So
MetroTram							
3	Weststadt Weserstr. – Fr.-Wilhelm-Platz – Rathaus – Volkmarode, Grenzweg	33,0	10,3	10	93	60	34
Bus							
417	Hondelage, Berggarten – Dibbesdorf – Volkmarode, Moorhüttenweg	15,5	6,4	30	30	20	--
417	Hondelage, Dammstr., Ost – Dibbesdorf – Volkmarode, Moorhüttenweg	14,0	5,9	--	6	12	20
417	Hondelage, Berggarten – Dibbesdorf – Schulzentrum – Volkmarode, Moorhüttenweg	20,0	8,1	Schul-fahrt	1	--	--
427	Essehof – Weddel – Volkmarode, Moorhüttenweg	23,0	12,3	60	6	13	5
427	Weddel – Volkmarode, Moorhüttenweg	11,0	5,0	60	8	19	17
427	Essehof – Weddel – Schulzentrum – Volkmarode, Moorhüttenweg	25,0	12,8	60	10	--	--
427	Weddel – Schulzentrum – Volkmarode, Moorhüttenweg	13,0	5,5		7	--	--
437	Cremlingen – Weddel – Schulzentrum –Volkmarode , Moorhüttenweg	30,0	14,0	Schul-fahrt	7	--	--
230	Wolfsburg – Hattorf – Flechtorf – Lehre – Wendhausen – Volkmarode – Braunschweig, Rathaus	58,5	32,9	60	16	9	6
230	Wolfsburg – Flechtorf – Lehre – Wendhausen – Volkmarode – Braunschweig, Rathaus	50,5	28,8	60	16	8	2

Quelle: ITP Intraplan Consult GmbH/WVI GmbH 2012. Abschlussbericht Stadtbahnverlängerung Volkmarode Nord 2012. S. 6.

A.4 Verkehrsangebot im Mitfall (2025)

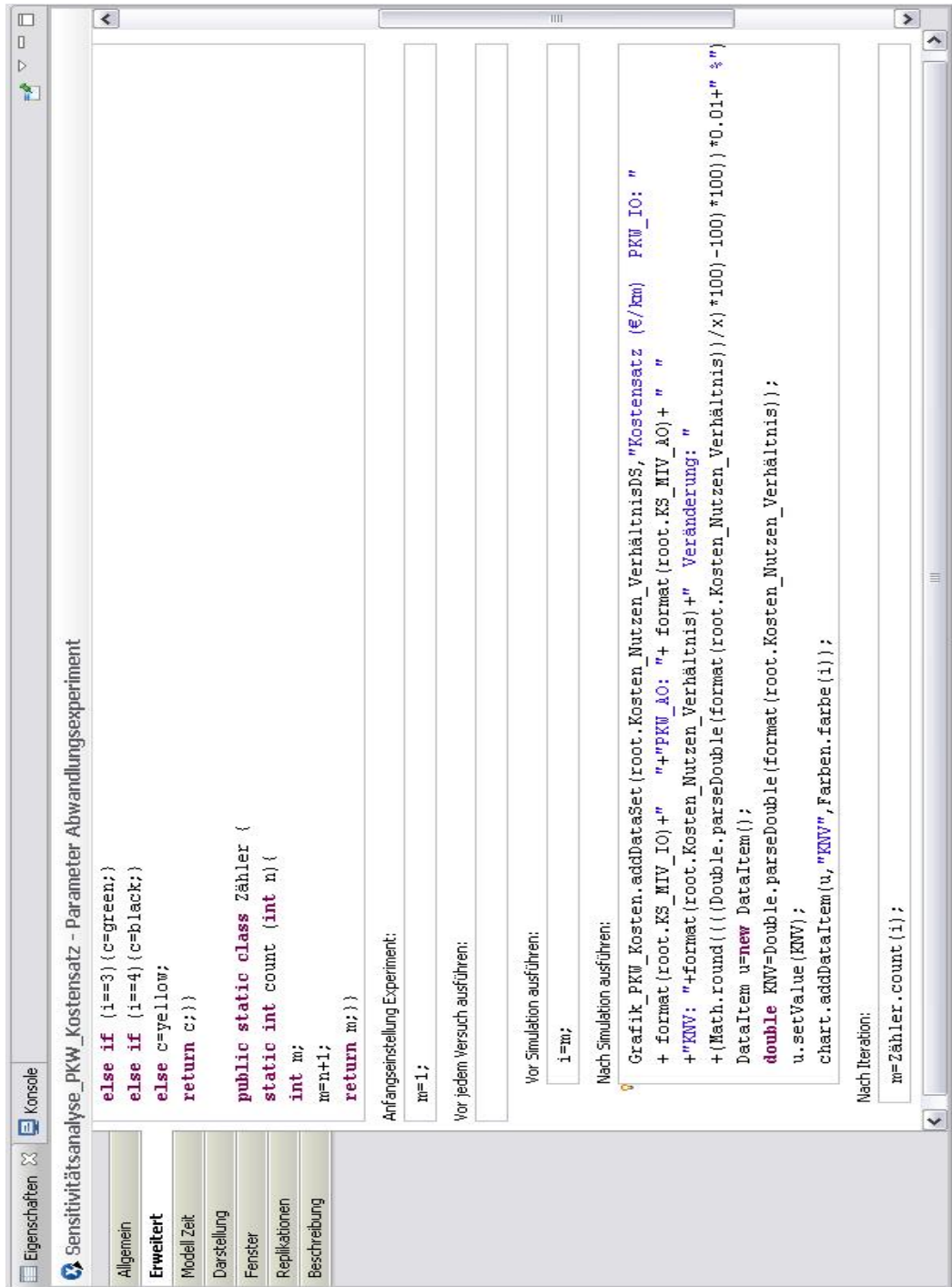
Linien- nummer	Laufweg	Fahrzeit einfach in Minuten	Kilometer einfach	HVZ-Takt in Minuten	Anzahl Fahrten je Tag und Richtung		
					WT5	Sa	So
MetroTram							
3	Weststadt Weserstr. – Fr.-Wilhelm- Platz – Rathaus – Volkmarode, Ziegelwiese	36,25	11,6	10	93	60	34
Bus							
417	Hondelage, Berggarten – Dibbes- dorf – Volkmarode, Ziegelwiese	11,0	4,6	30	30	20	–
417	Hondelage, Dammstr. Ost – Dib- besdorf – Volkmarode, Ziegelwiese	9,5	4,1	–	6	12	20
417	Hondelage, Berggarten – Dibbes- dorf – Volkmarode, Ziegelwiese – Schulzentrum	15,5	6,0	Schul- fahrt	1	–	–
427	Essehof – Weddel – Volkmarode, Ziegelwiese	22,5	11,6	60	6	13	5
427	Weddel – Volkmarode, Ziegelwiese	10,5	4,3	60	8	19	17
427	Essehof – Weddel – Schulzentrum – Volkmarode, Ziegelwiese	24,5	12,1	60	10	–	–
427	Weddel – Schulzentrum – Volkma- rode, Ziegelwiese	12,5	4,8		7	–	–
437	Cremlingen – Weddel – Schulzent- rum - Volkmarode , Ziegelwiese	29,5	13,3	Schul- fahrt	7	–	–
230	Wolfsburg – Hattorf – Flechtorf – Lehre – Wendhausen – Volkmaro- de – Braunschweig, Rathaus	58,5	32,9	60	16	9	6
230	Wolfsburg – Flechtorf – Lehre – Wendhausen – Volkmarode – Braunschweig, Rathaus	50,5	28,8	60	16	8	2

Quelle: ITP Intraplan Consult GmbH/WVI GmbH 2012. Abschlussbericht Stadtbahnverlängerung Volkmarode Nord 2012. S. 40.

A.5 Benutzeroberfläche Anylogic Modellierungseinheit System Dynamics am Fallbeispiel Volkmarede Nord



A.6 JAVA-Erweiterung



Quelle: eigene Ausarbeitung

A.8 Dieselpreisentwicklung

Berichts- jahr	Berichtsmonat												Jahresdurch- schnitt
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
	bei Abgabe von mindestens 100 hl an den Großhandel, frei Zielort ¹												
2000 ...	58,97	60,70	60,95	60,22	61,78	62,39	63,41	65,69	74,72	74,08	73,12	65,61	65,14
2001 ...	64,52	65,83	64,45	67,22	66,05	68,69	65,85	66,01	69,99	67,59	63,74	62,11	66,01
2002 ...	63,37	64,29	66,73	66,16	67,57	65,71	65,72	65,92	67,50	69,11	65,17	68,20	66,29
2003 ...	71,60	74,91	77,79	72,09	67,06	66,43	68,19	67,94	66,88	70,25	69,64	69,13	70,16
2004 ...	68,23	67,45	70,13	71,31	74,76	71,66	74,01	78,22	79,00	85,23	78,56	78,64	74,77
2005 ...	76,48	77,01	83,81	83,92	80,11	88,02	87,94	91,50	91,90	94,10	88,35	88,34	85,96
2006 ...	87,90	87,40	90,34	93,63	92,12	92,52	95,15	93,71	87,04	88,61	86,54	85,99	90,08
2007 ...	83,69	85,05	86,50	89,41	89,08	91,94	92,14	91,76	94,48	94,94	102,35	101,77	91,93
2008 ...	97,61	101,75	107,17	108,37	119,13	120,41	121,37	109,52	107,40	99,42	92,48	83,33	105,66
2009 ...	82,63	79,70	77,21	81,03	81,15	86,42	81,54	86,09	83,55	87,13	86,26	85,46	83,18
2010 ...	88,87	89,16	93,20	96,95	97,42	96,95	95,21	94,58	96,52	95,88	98,54	101,21	95,37
2011 ...	104,79	107,08	111,60	112,31	108,22	110,77	111,07	107,34	110,82	114,32	116,51	112,05	110,57
2012 ...	116,36	117,22	119,54	117,43	113,93	109,93	114,61	119,71	118,40	120,14	116,31	112,29	116,32
2013 ...	112,99	115,80	112,15	107,96	108,74	109,18	111,28	111,50	112,69	110,41	108,66	108,44	110,82
2014 ...	106,60	107,97	106,01	107,68	107,55	108,40	106,15	105,97	105,54	101,36	99,64	90,25	104,43
2015 ...	85,41	94,75	92,71	95,27	96,09	94,41	92,05	87,58	86,08	85,30	86,66	77,44	89,48
2016 ...	73,74	74,79	78,14	79,40	83,94	83,96	81,82	82,64					
2017 ...													
2018 ...													
	bei Lieferung von 50 - 70 hl an Großverbraucher, frei Verbrauchsstelle												
2000 ...	60,56	62,28	62,61	61,74	63,30	64,31	64,95	67,11	76,27	76,02	74,70	67,19	66,75
2001 ...	66,02	67,38	66,02	69,08	67,68	70,04	67,54	67,47	71,57	69,22	65,37	63,57	67,58
2002 ...	65,55	65,88	68,12	67,25	68,82	66,95	66,97	67,11	68,80	70,17	66,46	69,65	67,64
2003 ...	72,79	76,12	78,69	73,18	68,56	68,10	69,89	69,66	68,56	72,11	71,37	70,99	71,67
2004 ...	69,96	69,14	71,98	72,98	76,34	73,28	75,77	79,72	80,66	86,86	80,33	80,66	76,47
2005 ...	78,15	78,56	85,36	85,52	81,79	89,61	89,60	93,07	93,55	95,73	90,12	90,16	87,60
2006 ...	89,39	88,94	92,01	95,20	93,77	94,04	96,74	95,21	88,73	90,16	88,07	87,62	91,66
2007 ...	85,26	86,54	88,06	90,96	90,70	93,55	93,74	93,46	95,98	96,51	103,96	103,56	93,52
2008 ...	99,21	103,29	108,70	110,17	120,95	122,59	123,23	111,54	109,24	101,50	94,86	85,14	107,54
2009 ...	84,90	81,87	79,31	83,01	83,22	88,34	83,62	88,05	85,70	89,23	88,48	87,58	85,28
2010 ...	90,90	91,01	94,90	98,78	99,31	98,74	97,00	96,33	98,28	97,69	100,03	103,09	97,17
2011 ...	106,92	109,55	113,49	114,39	110,33	112,84	112,88	109,45	112,72	115,92	118,45	113,99	112,58
2012 ...	118,19	118,99	121,27	119,12	115,71	111,79	116,26	121,61	120,45	121,86	118,12	114,19	118,13
2013 ...	114,72	117,38	113,94	109,83	110,57	110,88	113,02	113,22	114,48	112,17	110,40	110,27	112,57
2014 ...	108,36	109,91	107,63	109,40	109,19	109,96	107,87	107,71	107,30	103,10	101,42	92,43	106,19
2015 ...	87,40	96,12	94,57	97,01	97,87	96,10	93,68	89,54	88,15	87,25	88,68	79,75	91,34
2016 ...	75,55	76,43	79,93	80,92	85,35	85,60	83,47	84,40					
2017 ...													
2018 ...													

¹ Ab Januar 2010 beziehen sich die Preise auf Abgabe ab Lager.

Quelle: Statistisches Bundesamt 2016. *Preise. Daten zur Energiepreisentwicklung*. S. 28. Abgerufen am 26.09.2016 von

https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Energiepreise/Energiepreisentwicklung/PDF_5619001.pdf?__blob=publicationFile

Literaturverzeichnis

- ADAC. (2006). *ADAC Autokosten*. Abgerufen am 20.08.2016 von https://www.adac.de/_mmm/pdf/autokostenuebersicht_47085.pdf
- Bamberg G., Coenenberg A. G., Krapp M. (2012). *Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre*. München: Franz Vahlen Verlag.
- Bank M., Gerke W. (2016). *Finanzierung. Grundlagen für Investitions- und Finanzierungsentscheidungen im Unternehmen*. Stuttgart: Kohlhammer Verlag
- Becker H. (2016). *Investition und Finanzierung*. Wiesbaden: Springer Gabler Verlag
- Braunschweiger Verkehrs GmbH. (2016). *Netzplan*. Abgerufen am 13.07.2016 von <http://www.liniennetz-bs.de/index.php/de/netzplan>
- Bund für Umwelt und Naturschutz. (2014). *Fahrzyklus und Verbrauchsermittlung*. Abgerufen am 18.07.2016 von http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/pdfs/mobilitaet/140528_bund_mobilitaet_fahrzyklus_und_verbrauchsermittlung_kurzinfo.pdf
- Eisenführ F., Weber M., Langer T. (2010). *Rationales Entscheiden*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag
- Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union 2007. *Verordnung (EG) Nr. 1370/2007 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATS vom 23. Oktober 2007 über öffentliche Personenverkehrsdienste auf Schiene und Straße und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 1191/69 und (EWG) Nr. 1107/70 des Rates*. Abgerufen am 02.10.2016 von <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:315:0001:0013:DE:PDF>
- Göbel E. (2014). *Entscheidungen in Unternehmen*. Konstanz: UVK Verlag
- Hanusch H. (2011). *Nutzen-Kosten-Analyse*. München: Vahlen Verlag
- Hildesheimer Allgemeine Zeitung. (2016). *Stadtverkehr oder Bahn-Tochter – wer fährt künftig Bus in Hildesheim ?*. Abgerufen am 01.10.2016 von <http://www.hildesheimer-allgemeine.de/4732.html>

- Intraplan Consult GmbH, WVI Prof. Dr. Wermuth Verkehrsforschung und Infrastrukturplanung GmbH (2012). *Standardisierte Bewertung Stadt-bahnverlängerung Volkmarode Nord*. Abgerufen am 10.07.2016 von http://www.verkehrs-bs.de/fileadmin/user_upload/images/Aktuelles/Bericht_Volkmarode_121018.pdf
- ITP Intraplan Consult GmbH, VWI Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH. (2006). *Standardisierte Bewertung von Verkehrswe-geinvestitionen des ÖPNV und Folgekostenrechnung Version 2006*. München Stuttgart.
- Laux H., Gillenkirchen R., Schenk-Mathes. (2014). *Entscheidungstheorie*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag
- Mühlenkamp H. (2015). *Wirtschaftlichkeit im öffentlichen Sektor. Wirtschaft-lichkeitsvergleiche und Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen*. Berlin München Bosten: Walter de Gruyter Verlag
- Obermaier R., Saliger E. (2013). *Betriebswirtschaftliche Entscheidungstheo-rie. Einführung in die Logik individueller und kollektiver Entschei-dungen*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag
- Umweltbundesamt Österreich 2016. *Berechnung von Treibhausgas (THG)-Emissionen verschiedener Energieträger*. Abgerufen am 30.09.2016 von <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.htm>
- Westermann G. (2012). *Kosten-Nutzen-Analyse*. Berlin: Erich Schmidt Ver-lag
- Von Colbe W. B., Laßmann G., Witte F. (2015). *Investitionstheorie und Inve-stitionsrechnung*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag
- Von Zwehl W., Schmidt-Ewig. (1981). *Wirtschaftlichkeitsrechnung bei öf-fentlichen Investitionen*. Wiesbaden: Gabler Verlag

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorstehende Arbeit selbständig angefertigt und mich fremder Hilfe nicht bedient habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß veröffentlichtem oder nicht veröffentlichtem Schrifttum entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht.

Karlsruhe, den 18.10.2016
